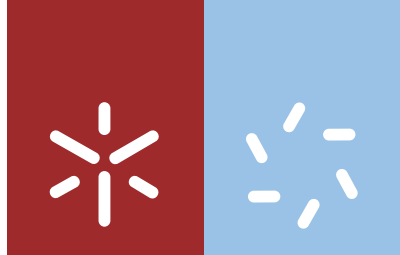


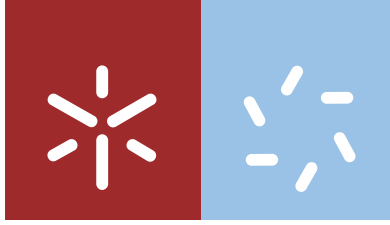


Metodologias para a delimitação de áreas preferenciais de recarga em aquíferos fraturados

Ana Luísa Araújo Vilaverde



Universidade do Minho
Escola de Ciências



Universidade do Minho
Escola de Ciências

Ana Luísa Araújo Vilaverde

**Metodologias para a delimitação
de áreas preferenciais de recarga
em aquíferos fraturados**

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Geociências

Trabalho realizado sob orientação da
Professora Doutora Maria do Rosário Melo da Costa

outubro de 2016

Agradecimentos

Sem o apoio e incentivo de algumas pessoas o presente trabalho não se teria realizado e por esse motivo quero expressar os meus sinceros agradecimentos.

À Professora Maria do Rosário Costa agradeço pela orientação do presente trabalho, pela paciência no esclarecimento de todas as dúvidas, por toda a ajuda e questões que foi colocando e que permitiram melhorar os resultados apresentados.

Ao Professor Alberto Lima agradeço pela colaboração no início da abordagem ao presente tema, e conhecimentos de hidrogeologia que transmitiu ao longo do meu percurso académico.

Quero também agradecer a todos os amigos e colegas que expressaram palavras de incentivo ao longo deste trabalho.

À minha família agradeço todo o encorajamento e paciência ao longo deste processo: aos meus pais e irmão pelas contínuas palavras de incentivo e ao meu marido pelo apoio incondicional assim como pela revisão da parte escrita da tese.

Resumo:

A água subterrânea constitui uma fonte importante de abastecimento em diversas bacias hidrográficas, assumindo o processo de recarga aquífera um papel preponderante para a manutenção dos sistemas aquíferos. No âmbito do presente trabalho foi formulada uma metodologia para a delimitação de áreas preferenciais de recarga, com base em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), aplicada ao caso específico da bacia hidrográfica do Cávado.

Neste sentido foram elaborados mapas relativos à precipitação, evapotranspiração e infiltração média anual, mapas de declive, densidade de drenagem e densidade de fraturação que foram associados a mapas temáticos relativos à geologia, tipo de solo e ocupação do solo. Cada mapa foi subdividido em classes às quais foi atribuído um peso de modo a ponderar a influência de cada fator no processo de recarga aquífera. A delimitação das áreas preferenciais de recarga para a bacia em estudo resultou da sobreposição dos vários mapas temáticos com recurso à análise multicritério em SIG.

A metodologia aplicada para a delimitação de áreas preferenciais de recarga na bacia hidrográfica do Rio Cávado pode constituir um instrumento de apoio ao ordenamento territorial e à gestão dos recursos hídricos subterrâneos da região, bem como servir de base ao estudo de outras bacias.

Abstract:

Aquifers are important sources of water supply in many river basins. The recharge is an important factor for the maintenance of the aquifer systems. In this work, it was applied a methodology based on GIS to delineate groundwater recharge potential areas. The Cávado river basin was used as a case study.

In this sense maps were drawn related to precipitation, evapotranspiration and infiltration annual average, maps of slope, drainage density and density of fracturing which were associated with thematic maps related to geology, soil type and land use. Each map was divided into classes, assigned a weight in order to assess its influence on the process of groundwater recharge. The delimitation of recharge areas to the basin resulted from the overlap of various thematic maps using the multi-criteria analysis in GIS.

The methodology applied for the delimitation of groundwater recharge areas in the Cávado river basin can be a tool to support land use planning and the management of groundwater resources in the region as well as serve as to serve as a basis for the study of other river basins.

Índice

Capítulo I. Introdução.....	1
I.1. Fundamentos teóricos e estado da arte	4
I.1.1. O processo de recarga aquífera	4
I.1.2. Recarga aquífera em meios fissurados	6
I.1.4. Áreas preferenciais de recarga.....	8
Capítulo II. Metodologia para a delimitação de áreas preferenciais de recarga.....	11
Capítulo III. Enquadramento da área em estudo	15
III.1. Enquadramento geográfico.....	15
III.2. Enquadramento geológico e geomorfológico	16
III.3. Enquadramento hidrológico e hidrogeológico.....	18
Capítulo IV. Delimitação de áreas preferenciais de recarga aquífera.....	19
IV.1. Infiltração	19
IV.1.1. Precipitação.....	19
IV.1.2. Evapotranspiração	27
IV.1.2.1 Temperatura	27
IV.1.2.2 Evapotranspiração potencial	29
IV.1.2.3 Evapotranspiração real	31
IV.1.3. Recarga.....	33
IV.3. Capacidade de infiltração do solo.....	41
IV.3.1. Tipo de solos	42
IV.3.2 Ocupação do solo.....	49
IV.4. Geologia	53
IV.4.1. Litologias	53
IV.4.2. Fracturação	65
IV.5. Declive.....	68
IV.6.Densidade de drenagem	72
IV.7. Áreas preferenciais de recarga aquífera.....	76
Capítulo V. Considerações finais.....	80
Capítulo VI. Referências bibliográficas	85
Anexos	87
Anexo 1:Metodologias para a delimitação de áreas de proteção e recarga de aquíferos (Decreto-Lei n.º 166/2008).....	88

Anexo 2: Tratamento dos dados de precipitação para a Bacia Hidrográfica do Cávado	93
Anexo 3: Tratamento dos dados de temperatura média mensal e cálculo da ETR para a Bacia Hidrográfica do Cávado	109
Anexo 4: Caracterização dos solos da região em estudo de acordo com a notícia explicativa da carta de solos de Entre-Douro e Minho.	148

Índice de Figuras

Figura 1: Organograma representativo dos vários elementos que constituem a recarga aquífera (adaptado de Lloyd, 1986 <i>in</i> Lerner, 1990).....	5
Figura 2: Fluxograma relativo à metodologia para a delimitação de áreas de preferenciais de recarga aquífera da região em estudo.	13
Figura 3: Enquadramento geográfico da área em estudo.	15
Figura 4: Zonamento do Maciço Hespérico (Julivert et al., 1972).....	16
Figura 5: Geologia da região norte de Portugal continental (Fonte: Dias, R. <i>et al</i> , 2013).....	17
Figura 6: Polígonos de Thiessen traçados para a área de influência das estações udométricas situadas na Bacia Hidrográfica do Cávado ou na sua proximidade.	20
Figura 7: Mapa representativo da distribuição dos valores de precipitação média anual da bacia hidrográfica do Cávado para o período de 1970 a 2000, usando o método de kriging.	26
Figura 8: Distribuição da temperatura média mensal registada nas estações meteorológicas da região em estudo para o período compreendido entre 1971 e 2000.	28
Figura 9: Variação da temperatura média anual em função da altitude.	29
Figura 10: Mapa representativo da distribuição dos valores de evapotranspiração real média anual da região em estudo.	33
Figura 11: Resultados do balanço sequencial diário efetuado com dados da estação de São Bento da Porta Aberta, para os anos de 1997 a 2000.	37
Figura 12: Mapa representativo da distribuição dos valores recarga média anual para a região em estudo.	39
Figura 13: Mapa da distribuição das classes de recarga para a área em estudo.	40
Figura 14: Perfil de solo.....	41
Figura 15: Diagrama da textura do solo (Fonte: J. Botelho Costa, 1979).....	43
Figura 16: Carta de solos da bacia hidrográfica do Cávado.....	44
Figura 17: Mapa representativo da atribuição de classes de acordo com o tipo de solos da bacia hidrográfica do Cávado.	47
Figura 18: Carta da ocupação de solos da bacia hidrográfica do Cávado (Fonte: CORINE Land Cover, 2006).....	50
Figura 19: Mapa representativo da atribuição de classes de acordo com a ocupação do solo... 51	
Figura 20: Carta geológica da bacia hidrográfica do Cávado (Fonte: Carta Geológica de Portugal à escala 1:500 000, Oliveira <i>et. al.</i> 1992 e Carta Geológica de Portugal à escala 1:200 000, Pereira <i>et. al.</i> 1992).	54
Figura 21: Classes de permeabilidade para a área em estudo	64

Figura 22: Imagem exemplificativa do processo de demarcação de fraturas com base em interpretação de fotografia aérea (Fonte: Google Earth).....	65
Figura 23: Fracturação da área em estudo.	66
Figura 24: Densidade de fracturação (km/km ²) da área em estudo.....	67
Figura 25: Mapa de classes de densidade de fracturação da área em estudo.	67
Figura 26: Modelo digital do terreno da bacia hidrográfica do Cávado.	70
Figura 27: Mapa representativo das classes de declives da bacia hidrográfica do Cávado.	71
Figura 28: Mapa da hidrografia e modelo digital do terreno da bacia hidrográfica do Cávado.	73
Figura 29: Mapa da densidade de drenagem (km/km ²) da bacia hidrográfica do Cávado.....	74
Figura 30: Mapa da distribuição das classes de densidade de drenagem da bacia hidrográfica do Cávado.....	74
Figura 31: Organigrama representativo da metodologia adotada para a delimitação de áreas preferenciais de recarga aquífera na área em estudo.	77
Figura 32: Mapa resultante da Análise Multicritério aplicada na avaliação do potencial de recarga aquífera da bacia hidrográfica do Cávado.	78
Figura 33: Seleção de áreas preferenciais de recarga para a bacia hidrográfica do Cávado.	79

Índice de Quadros

Quadro 1: Dados relativos ao completamento das séries pluviométricas.	21
Quadro 2: Séries pluviométricas completas relativas ao período de 1970 a 2000.	21
Quadro 3: Normais de temperatura (°C) para as estações meteorológicas da região Norte de Portugal Continental para o período entre 1971 e 2000.	27
Quadro 4: Cálculo da ETP através da fórmula de Thornthwaite, para a estação de São Bento da Porta Aberta.	30
Quadro 5: Cálculo da ETR com base no método do balanço sequencial mensal, para a estação de São Bento da Porta Aberta.	31
Quadro 6: Valores de ETP e ETR para as estações climatológicas analisadas.	32
Quadro 7: Números de escoamento para os vários tipos e utilizações do solo, segundo Soil Conservation Service dos EUA; (fonte: Lencastre e Franco, 1992).	35
Quadro 8: Valores resultados do balanço sequencial hídrico efetuado com base nos dados referentes às estações meteorológicas consideradas.	36
Quadro 9: Valores de recarga aquífera para as estações meteorológicas consideradas.	37
Quadro 10: Classificação dos valores de infiltração obtidos para a bacia hidrográfica do Cávado.	39
Quadro 11: Quadro síntese das características dos solos aflorantes na Bacia hidrográfica do Cávado.	45
Quadro 12: Classificação dos solos existentes na bacia hidrográfica do Cávado quanto à sua capacidade de infiltração.	46
Quadro 13: Ordenação das classes de ocupação dos solos da Bacia Hidrográfica do Cávado... ..	50
Quadro 14: Atribuição de classes segundo a litologia.	62
Quadro 15: Definição de classes de declive para a Bacia Hidrográfica do Cávado.	70
Quadro 16: Dados relativos às estações que constituem a rede climatológica da região em estudo.	93
Quadro 17: Dados pluviométricos anuais (mm) disponíveis para as estações da rede climatológica da Bacia hidrográfica do Cávado, relativos ao período entre 1970 e 2000.	95
Quadro 18: Tratamento dos dados de precipitação média anual para a área em estudo.	99
Quadro 19: Dados de temperatura (°C), ETP e ETR para a bacia hidrográfica do Cávado.	109

Capítulo I. Introdução

A recarga aquífera constitui essencialmente a água que atinge a zona saturada de um aquífero constituindo uma adição às reservas de água subterrânea (Lerner, 1990), tratando-se de uma importante componente do ciclo hidrológico terrestre. São diversos os fatores que influenciam a ocorrência e circulação da água subterrânea numa região, dos quais se destacam: topografia, litologia, estruturas geológicas, espessura de mantos de alteração, extensão das fraturas, porosidade primária e secundária, declive, padrões de drenagem, geomorfologia, ocupação do solo e clima (Mukerjee, 1996; Jaiswal et al., 2003).

Os estudos acerca do processo de recarga aquífera são fundamentais para a correta gestão dos recursos hídricos de uma região, em especial para a estimativa dos recursos hídricos subterrâneos renováveis anualmente. Assim, a determinação da recarga aquífera é essencial para a estimativa das disponibilidades hídricas subterrâneas para usos consumptivos, numa perspetiva de gestão integrada dos recursos hídricos.

Todas as localizações de uma bacia de drenagem se definem como áreas de recarga ou áreas de descarga de aquíferos, sendo a referida designação dependente da direção do fluxo de água subterrânea (Freeze & Cherry, 1979). As áreas de recarga constituem os locais de reabastecimento das reservas de água subterrânea sendo em simultâneo as áreas de maior vulnerabilidade à introdução de contaminantes nos meios aquíferos. Deste modo, a identificação de áreas de proteção e recarga de aquíferos assume especial importância no âmbito do planeamento e gestão dos recursos hídricos e do território.

A presente tese tem como principal objetivo estudar o processo de recarga em meios aquíferos fraturados, discernindo áreas ou porções do território onde o processo de recarga se encontra favorecido. O objetivo geral do trabalho encontra-se desagregado nos seguintes objetivos específicos:

- Definição de proposta metodológica para a delimitação de áreas preferenciais de recarga aquífera, selecionando os fatores ou critérios considerados de maior relevância para este processo no contexto dos meios aquíferos característicos da região NW de Portugal;
- Caracterização geral da área em estudo - a bacia hidrográfica do rio Cávado – dando especial ênfase às suas características geológicas e hidrogeológicas;
- Caracterização da área em estudo relativamente aos fatores: precipitação, evapotranspiração, infiltração eficaz, tipos de solo, ocupação do solo, litologias, fraturação, declive e densidade de drenagem;
- Ponderação dos fatores considerados tendo como base a análise multicritério em SIG;
- Seleção de áreas preferenciais de recarga aquífera para a bacia hidrográfica do Cávado;

Numa primeira abordagem revisitou-se a informação teórica e os avanços científicos acerca da temática no sentido de aferir as metodologias que permitem avaliar o processo de recarga aquífera, com principal incidência no estudo de aquíferos fraturados.

A componente de planeamento e ordenamento do território encontra-se igualmente desenvolvida na presente tese no sentido de enquadrar a temática abordada nos atuais documentos normativos, nomeadamente no que se refere à gestão dos recursos hídricos e à definição de zonas de proteção e salvaguarda associadas aos mesmos.

No sentido de sistematizar o trabalho efetuado procedeu-se, em primeira análise, à descrição da metodologia desenvolvida, fundamentando os critérios e métodos selecionados para o estudo do processo de recarga aquífera tendo em conta a região de estudo selecionada - a bacia hidrográfica de rio Cávado.

As especificidades intrínsecas da área em estudo, nomeadamente as suas características geológicas, hidrogeológicas e climatológicas, assim como a sua localização, justificam a escolha da bacia hidrográfica do rio Cávado como caso de estudo para implementação e análise da metodologia desenvolvida.

No primeiro capítulo encontra-se efetuada uma revisão sucinta do estado da arte relativamente ao estudo do processo de recarga aquífera, particularmente em meios aquíferos fraturados, assim como dos avanços científicos relativos ao desenvolvimento de metodologias para a delimitação de áreas preferenciais de recarga.

Posteriormente, no capítulo II, foi efetuada a contextualização legal e normativa da temática estudada relativamente ao planeamento e gestão dos recursos hídricos, particularizando a relevância da correta avaliação das disponibilidades hídricas subterrâneas e especificamente a necessidade de salvaguarda das origens de água, contexto no qual a delimitação de áreas de proteção e recarga de aquíferos assume papel preponderante

No terceiro capítulo encontra-se apresentada a metodologia proposta para a delimitação de áreas preferenciais de recarga aquífera, fundamentando-se a seleção dos critérios considerados para o estudo específico da tipologia de aquíferos característicos da área em estudo.

No capítulo IV encontra-se efetuada a caracterização da área em estudo, com ênfase para a contextualização geográfica, geológica, geomorfológica, geológica, climatológica, hidrológica e hidrogeológica, tendo como suporte a análise de bibliografia científica referente à região.

Seguidamente, no capítulo V encontram-se caracterizados cada um dos fatores selecionados como preponderantes para a ocorrência de recarga aquífera na área em estudo, encontrando-se também apresentados os resultados do estudo efetuado através da análise multicritério em ambiente SIG, ponderando-se a informação decorrente da análise elaborada e uma análise crítica dos resultados.

Por fim no capítulo VI encontram-se apresentadas as principais conclusões do trabalho efetuado no sentido de avaliar a validade e replicabilidade da metodologia proposta para a delimitação de áreas de proteção e recarga de aquíferos.

I.1. Fundamentos teóricos e estado da arte

I.1.1. O processo de recarga aquífera

Recarga aquífera pode definir-se genericamente como o fluxo descendente de água que atinge a zona saturada, constituindo uma adição às reservas de água subterrânea (Lerner, 1990). Deve ser feita clara distinção entre quantidade de água potencialmente disponível para recarga no solo e a recarga aquífera efetiva, definida anteriormente. Rushton (1988) demonstra que as duas quantidades podem diferir devido tanto à influência da zona não saturada como da incapacidade por parte do aquífero de armazenar a quantidade potencialmente disponível.

A recarga aquífera pode ocorrer naturalmente a partir da precipitação, canais, rios e lagos ou artificialmente a partir de atividades humanas como a irrigação ou a urbanização.

São reconhecidos dois tipos distintos de recarga, direta e indireta (FAO, 1981; Lloyd, 1986). A recarga direta é definida como a água adicionada a um aquífero como excedente dos processos de colmatção do deficit hídrico e evapotranspiração do solo, por percolação vertical direta da precipitação através da zona não saturada.

A recarga indireta resulta da percolação até à zona saturada de escoamento superficial que flui através de falhas e fraturas, por acumulação em zonas deprimidas e lagos, ou através do leito de cursos de água. Evidenciam-se assim dois tipos distintos de recarga indireta; isto é, a que se associa a cursos de água superficiais, e um segundo tipo de forma localizada resultante da concentração horizontal de água superficial na ausência de canais bem definidos (Lerner, 1990).

Estas definições são obviamente uma simplificação da realidade, uma vez que a recarga lateral subsuperficial não se encontra explicitamente considerada; os denominados percursos preferenciais são um fenómeno comum até nos processos de recarga direta (Sharma et al., 1985; Johnaton, 1987) e em muitos locais ocorre uma combinação dos dois tipos de recarga referidos, direta e indireta.

Estas generalizações indicam que uma estimativa de recarga aquífera eficiente depende em primeiro lugar da identificação dos prováveis mecanismos de fluxo e de estruturas importantes que influenciam a recarga num dado local, uma vez que não pode ser assumido que um procedimento corretamente desenvolvido para uma área se comprove igualmente válido para uma outra área (Lerner, 1990).

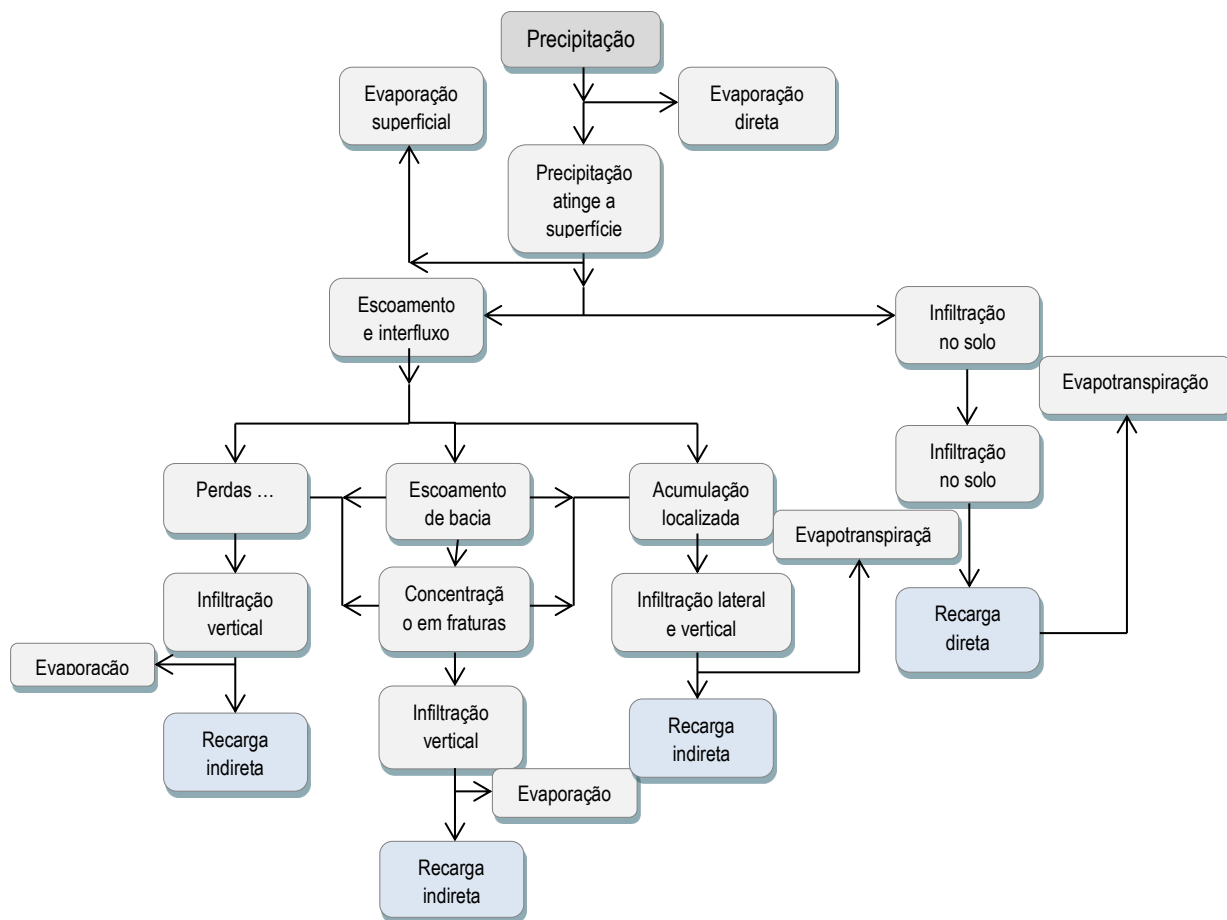


Figura 1: Organograma representativo dos vários elementos que constituem a recarga aquífera (adaptado de Lloyd, 1986 in Lerner, 1990).

À superfície:

- ✓ Topografia
- ✓ Precipitação: magnitude, intensidade, duração e distribuição espacial
- ✓ Escoamento e acumulação de água
- ✓ Vegetação e evapotranspiração real

Irrigação:

- ✓ Periodicidade da irrigação
- ✓ Perdas a partir de canais e cursos de água

Rios:

- ✓ Rios que fluem para a área em estudo
- ✓ Rios que partem da área em estudo
- ✓ Rios influentes ou afluentes

Solo:

- ✓ Natureza do solo, profundidade e propriedades hidráulicas
- ✓ Variabilidade do solo, tanto espacialmente como em profundidade
- ✓ Profundidade das raízes

Zona não saturada:

- ✓ Mecanismos de fluxo através da zona não saturada
- ✓ Zonas com diferentes condutividades hidráulicas

Aquíferos:

- ✓ Capacidade do aquífero para receber água
- ✓ Variação das condições do aquífero ao longo do tempo

A frequência real de eventos de recarga e o tempo que decorre até que essa recarga se torne profunda, são também fatores importantes, cujas diferenças influenciam obviamente a escolha de métodos de estimativa de recarga e de uma eventual gestão de recursos.

Teoricamente os processos de recarga aquífera direta são os mais simples de quantificar no terreno.

A variabilidade temporal e espacial dos valores de recarga é consequência direta de fatores como variação da precipitação, das características do solo, vegetação, utilização do solo e topografia.

I.1.2. Recarga aquífera em meios fissurados

A recarga aquífera em meios fraturados dá-se em função de dois fatores: segundo o grau de meteorização química da superfície e da taxa de fracturação. Como a meteorização química produz solos ricos em argilas, um estado avançado deste processo pode limitar o processo de recarga (Lerner et al., 1990).

A influência da fracturação na permeabilidade de rochas cristalinas depende em grande parte da sua petrografia e mineralogia, assim como do tipo de falhas. Quanto mais quartzíferas forem as rochas mais friáveis serão, e mais profundas serão as fraturas que se estenderão por vastas áreas. As falhas por tensão originam meios com permeabilidades mais elevadas (Lerner et al., 1990).

Em regiões onde predominam as rochas cristalinas ácidas a recarga pode ser bastante elevada (superior a 15% da precipitação média anual) (Lerner et al., 1990).

Ao longo de fraturas profundas acumulam-se grandes quantidades de sais devido à dissolução dos minerais (Lerner et al., 1990).

Existem contudo poucos estudos acerca das características da recarga em terrenos graníticos.

Sukhija et al.(1983) estudaram o mecanismo de recarga nos granitos, da bacia hidrográfica de Vedavati, localizada no sudoeste da Índia. Estes granitos caracterizam-se por possuírem grão médio a grosseiro e por serem porfiríticos de cor rosa a cinza. A precipitação média anual nesta região é de 616 mm e a evapotranspiração é de cerca de 71 – 77 % da precipitação anual. Os valores de recarga anual estimados por estes autores rondam os 13 – 21% da precipitação anual.

A investigação indica que ocorre recarga substancial ao longo de fraturas e fissuras. As grandes fraturas possuem água relativamente mais juvenil comparativamente a áreas caracterizadas por pequenas fraturas e fissuras (Lerner et al., 1990).

Athavale (1985) descreveu o método de injeção de trítio para a determinação da recarga natural e forneceu alguns dados acerca da recarga em bacias hidrográficas da Índia, subjacentes a basaltos, granitos, gneisses, e xistos. Destes dados torna-se claro que a recarga é normalmente de 8% da precipitação média anual.

Muralidharan et al. (1988) reportou que um modelo regional de água subterrânea, utilizando o conceito de aquífero semi-confinado, foi criado para a bacia de Vedavati no sudoeste da Índia. O modelo mostrou um valor médio de recarga de 42,5 mm. Para o estado de Karnataka, onde a grande parte da área de drenagem desta bacia se situa, foi estimado um valor de recarga de cerca de 34,4 mm o que constitui 5% da precipitação média anual.

Allen et al.(1982), numa revisão acerca dos recursos hidrogeológicos em rochas fraturadas do Oeste da Austrália, obtiveram estimativas de recarga de vários aquíferos constituídos por rochas graníticas, vulcânicas e metamórficas, cujo valor rondava 0,05 – 0,5%.

Thiery (1988) investigou o processo de recarga em granitos fraturados perto de Ouadougou, Burkina Faso, Africa. Foi utilizado um modelo hidrológico de parâmetros aglomerados. Este modelo gera níveis piezométricos através de dados de precipitação e evapotranspiração potencial e é calibrado com recurso a dados de piezómetros monitorizados. O piezómetro tinha uma profundidade de cerca de 20 metros. A precipitação média anual de 1959-1985 foi de cerca de 825 mm mas de 1978-1985 apenas de 690 mm. Assumindo um coeficiente de armazenamento de 1%, o valor de recarga anual média gerado para o período de 1978-1985 foi de 23 a 45 mm/ano, isto é, 3,3 a 6,5% da precipitação média anual.

Para uma estimativa inicial da recarga aquífera podem ser utilizados diversos métodos, desde medições diretas, balanços hidrológicos, método de Darcy ou através de traçadores químicos (Lerner et al., 1990).

I.1.4. Áreas preferenciais de recarga

Todas as localizações de uma bacia de drenagem se definem como áreas de recarga ou áreas de descarga de aquíferos, sendo a referida designação dependente da direção do fluxo de água subterrânea. Nas áreas de recarga o fluxo da água subterrânea é direcionado para a zona saturada e nas áreas de descarga o fluxo de água direciona-se a partir da superfície da zona saturada. Nas proximidades da superfície do solo de uma área de recarga aquífera o fluxo de água é descendente enquanto numa zona de descarga o fluxo é ascendente (Frese e Cherry, 1979). As áreas de recarga constituem os locais de reabastecimento das reservas de água subterrânea sendo em simultâneo áreas de maior vulnerabilidade à introdução de contaminantes nos meios aquíferos.

Assim, áreas preferenciais de recarga definem-se como locais onde as condições naturais favorecem a ocorrência de recarga aquífera.

São diversos os fatores que influenciam a ocorrência e circulação da água subterrânea numa região, dos quais se destacam: topografia, litologia, estruturas geológicas, espessura de mantos de alteração, extensão das fraturas, porosidade primária e secundária, declive, padrões de drenagem, geomorfologia, ocupação do solo e clima (Mukerjee, 1996; Jaiswal *et al.*, 2003).

Existem cinco métodos gerais para a identificação de áreas de recarga e descarga (Freeze e Cherry, 1979):

- Topografia (o mais simples);
- Piezometria (o mais direto);
- Traçadores hidrogeoquímicos;
- Isótopos ambientais (Ex: Trítio, Carbono-14);
- Características do solo e da superfície do terreno (vegetação, tipo de solos, etc.).

O método mais simples consiste em identificar as áreas de recarga (ou descarga) através da análise da topografia do terreno - as elevações tendem a constituir áreas de recarga e as depressões zonas de descarga. Contudo esta análise simplista não permite considerar os efeitos localizados de rios, lagos e captações de água subterrânea. O método mais direto e talvez mais fiável para a identificação de áreas de recarga é a análise de mapas de superfícies piezométricas. O registo de dados em piezómetros permite identificar as referidas superfícies, incluindo os efeitos extração e recarga de água subterrânea. A delimitação de áreas de recarga / descarga através deste método seria automática, se na área a estudar existir uma rede de monitorização piezométrica. A principal limitação na utilização desta abordagem é o grande número de piezómetros necessários para produzir resultados úteis (Freeze e Cherry, 1979).

Os três métodos restantes desempenham tipicamente um papel de suporte aos anteriormente descritos na identificação de áreas de recarga/descarga.

Em trabalhos recentes tem sido frequente o recurso à deteção remota e à tecnologia dos sistemas de informação geográfica (SIG) para a delimitação de áreas potenciais de recarga aquífera.

Salama *et al.* (1994) utilizaram fotografias aéreas e informações obtidas a partir de um satélite para gerar as características litológicas, topográficas e geológicas de Salt River, no oeste da Austrália. Estas características foram utilizadas para determinar o mecanismo de fluxo de água subterrânea e as zonas preferenciais de recarga. Os resultados analíticos demonstraram que as planícies arenosas constituem as principais zonas de recarga.

Edet *et al.* (1998) classificaram as zonas potenciais de recarga no sudeste da Nigéria como alta, média ou baixa. Concluíram que as características como lineamentos, drenagem, litologia, temperatura da água subterrânea, condutividade hidráulica e transmissividade permitem delimitar aproximadamente as zonas potenciais de recarga.

Singh e Prakash (2002) geraram um mapa das zonas potenciais de recarga aquífera de uma sub-bacia hidrográfica tendo como base a geologia, mapas de lineamentos, drenagem, declive, e espessura do solo. Os resultados obtidos mostraram que os dados relativos aos caudais de exploração de captações de água subterrânea na Índia estão intimamente relacionados com as zonas de maior potencial de recarga aquífera.

Jaiswal *et al.* (2003) concluíram que existe uma necessidade de ajustar as informações de satélites e GIS ajustando-as à geologia local, particularmente nos terrenos graníticos, onde a ocorrência de águas subterrâneas é complexa e restrita.

Shaban *et al.* (2006) explorou o mapa de recarga potencial do Líbano ocidental, e descobriu que as regiões de calcários fraturados e carsificados constituem excelentes áreas potenciais para a recarga dos aquíferos, enquanto o potencial de recarga é menor em zonas densamente povoadas e em áreas relativamente planas cobertas por materiais desagregados.

A difusão de poluentes nas águas subterrâneas é mais rápida na maioria das zonas que apresentam maior potencial de recarga. Tweed *et al.* (2007) verificaram que a integração de dados de deteção remota e SIG reduz a incerteza associada aos dados hidrogeológicos tanto em relação a fatores macroscópicos (clima, mudança de uso da terra) como microscópicos (fluxo preferencial). Os dados podem ser utilizados para analisar modelos numéricos de circulação de água subterrânea ou de balanços hídricos. Os trabalhos em SIG constituem ferramentas que permitem gerir, administrar e classificar informação cartográfica, ou de análise de dados de deteção remota, como forma de combinar os fatores que potenciam a recarga e também como forma de atribuir

uma classificação adequada a cada um dos fatores considerados reduzindo o grau de incerteza das análises efetuadas.

Capítulo II. Metodologia para a delimitação de áreas preferenciais de recarga

Como referido anteriormente (Capítulo I), todas as localizações de uma bacia de drenagem se definem como áreas de recarga ou áreas de descarga de aquíferos, sendo a referida designação dependente da direção do fluxo de água subterrânea. Nas áreas de recarga o fluxo da água subterrânea é direcionado para a zona saturada e nas áreas de descarga o fluxo de água direciona-se a partir da superfície da zona saturada. Nas proximidades da superfície do solo de uma área de recarga aquífera o fluxo de água é descendente enquanto numa zona de descarga o fluxo é ascendente (Freeze e Cherry, 1979). As áreas de recarga constituem os locais de reabastecimento das reservas de água subterrânea sendo simultaneamente áreas de maior vulnerabilidade à introdução de contaminantes nos meios aquíferos. Deste modo, a identificação de áreas de recarga (e descarga) assume especial importância no âmbito do planeamento e gestão dos recursos hídricos e do território.

A água subterrânea em condições naturais é, normalmente, própria para consumo humano. É enriquecida com sais minerais, purificada, límpida e incolor, o que reduz o tratamento necessário a uma simples desinfecção contra a contaminação bacteriológica durante a sua captação para distribuição através da rede de abastecimento público.

As massas de água subterrânea, apesar de melhor protegidas que as massas de água superficiais, quando alcançadas por poluentes recuperam a sua qualidade mais dificilmente e de forma mais dispendiosa, sendo igualmente dispendioso o desenvolvimento de recursos alternativos. A agravar, a poluição de um aquífero é normalmente detetada muito tempo após o início da ação poluente, altura em que o volume de formação aquífera afetada poderá ser considerável.

Os aquíferos têm-se tornado cada vez mais expostos à poluição tóxica e difusa resultantes de atividades socioeconómicas, sendo de notar especialmente os efeitos causados pelas atividades agrícola e industrial.

Assim, torna-se claro que a delimitação de áreas de proteção e recarga de aquíferos constitui um importante instrumento para a salvaguarda das origens de água, legalmente instituído pelo Decreto-Lei n.º 166/2008, de 22 de Agosto. Neste sentido foram delineadas orientações estratégicas de âmbito nacional e regional para a delimitação das áreas integradas na REN (Reserva Ecológica Nacional). Estas orientações compreendem as diretrizes e os critérios para delimitação das áreas integradas na REN a nível municipal e são acompanhadas pelo esquema nacional de referência, que consiste na representação gráfica das principais componentes de proteção dos sistemas biofísicos, dos valores a salvaguardar e dos riscos a prevenir. Neste contexto as áreas estratégicas de proteção e recarga de aquíferos são consideradas áreas relevantes para a sustentabilidade do ciclo hidrológico terrestre que importa preservar, sendo definidas como “áreas geográficas que, devido à natureza do solo, às formações geológicas

aflorantes e subjacentes e à morfologia do terreno, apresentam condições favoráveis à ocorrência de infiltração e recarga natural dos aquíferos e se revestem de particular interesse na salvaguarda da quantidade e qualidade da água a fim de prevenir ou evitar a sua escassez ou deterioração”

Para a delimitação das áreas estratégicas de proteção e recarga de aquíferos, e de acordo com as orientações estratégicas estabelecidas, deve considerar-se:

1. Os sistemas aquíferos e massas de água subterrâneas, tal como vem definido no artigo 4º da Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro, inventariados pelo INAG (Instituto Nacional da Água).
2. Outros sistemas aquíferos identificados em estudos técnico-científicos validados, que sejam produtivos e economicamente exploráveis, de acordo com a definição de aquífero constante da Lei da Água.
3. Formações aluvionares, bem como áreas de fracturação, que sejam importantes para a manutenção dos ecossistemas fluviais em época de estiagem.
4. Outras formações hidrogeológicas indiferenciadas ou outras áreas que sejam importantes para a prevenção e redução de situações de cheia e inundação e de seca extrema, bem como para a sustentabilidade de sistemas aquáticos e da biodiversidade dependentes da água subterrânea.

Sempre que haja resultados de modelos hidrodinâmicos que delimitem áreas preferenciais de recarga (recarga localizada), estes são obrigatoriamente considerados como áreas estratégicas para a proteção e recarga de aquíferos.

Enquanto estes resultados não estiverem disponíveis as referidas orientações estratégicas definem que provisoriamente e em substituição a delimitação com base no conceito de vulnerabilidade à poluição, a partir de índices que têm em conta a definição do tipo de aquífero (cársico, poroso e fissurado), uma vez que as áreas mais vulneráveis são também as áreas mais permeáveis que alimentam o aquífero, com maior impacto para a qualidade da água subterrânea.

De acordo com o anexo ao do Decreto-Lei n.º 166/2008, de 22 de Agosto, a avaliação da vulnerabilidade à poluição é feita com recurso a métodos específicos adaptados ao tipo de sistema aquífero (Anexo 1).

No âmbito do presente trabalho foi desenvolvido um modelo para a delimitação de áreas preferenciais de recarga na bacia hidrográfica do Cávado baseou-se na identificação e ponderação dos principais fatores ou critérios influentes no processo de recarga aquífera na região.

Deste modo a análise realizada teve como suporte a análise de informação cartográfica, de fotografia aérea e dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), tendo-se recorrido à análise multicritério na tarefa de delimitar áreas de proteção e recarga de aquíferos com base no tratamento e classificação de informação referente aos critérios

considerados (Figura 2): infiltração, tipo de solo, ocupação do solo, litologia, fracturação, declive e densidade de drenagem.

O parâmetro infiltração eficaz foi considerado um fator preponderante para a delimitação de áreas preferenciais de recarga na medida em que a presença de água no solo é imprescindível para o desenvolvimento do processo de recarga, verificando-se que a ocorrência de precipitação na área em estudo apresenta considerável variabilidade.

A capacidade de infiltração do solo presente na área em estudo foi considerada como fator influente no processo de recarga tendo-se considerado que o tipo e ocupação do solo condicionam a infiltração profunda.

As características litológicas da região constituem também um fator que importa considerar neste âmbito na medida em que a permeabilidade das diferentes rochas aflorantes condiciona a infiltração e percolação de água nos sistemas aquíferos. Dado que na região predominam os aquíferos fraturados, a ocorrência de lineamentos foi outro dos critérios ponderados.

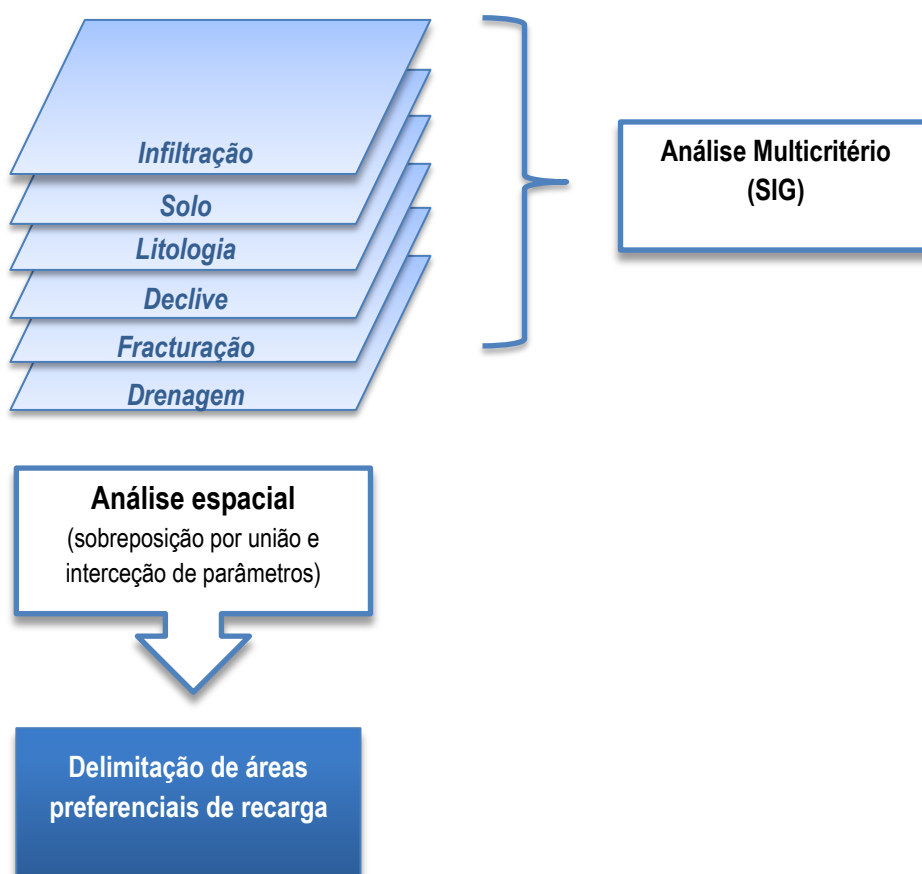


Figura 2: Fluxograma relativo à metodologia para a delimitação de áreas de preferenciais de recarga aquífera da região em estudo.

Considerou-se também que o declive influencia diretamente a infiltração de água resultante de episódios de precipitação e como tal um declive acentuado resulta numa

menor recarga dado que a água escorre rapidamente pela superfície não havendo tempo suficiente para que se infiltre através do solo e atinja a zona saturada.

Finalmente considerou-se que a densidade de drenagem também condiciona significativamente a recarga aquífera dado que numa zona com elevada densidade de drenagem encontra-se favorecida a escorrência superficial.

Capítulo III. Enquadramento da área em estudo

III.1. Enquadramento geográfico

A bacia hidrográfica do Cávado, situada no Noroeste de Portugal Continental, apresenta uma forma retangular com uma largura média de 16 km e um comprimento superior a 100 km (Figura 3).

A região pertencente à bacia inclui os concelhos de Amares e Esposende e intersecta os concelhos de Barcelos, Boticas, Braga, Cabeceiras de Basto, Montalegre, Ponte de Lima, Ponte da Barca, Póvoa de Lanhoso, Póvoa de Varzim, Terras de Bouro, Vieira do Minho e Vila Verde

A área abrangida pelo presente estudo é de 1 699 km², dos quais cerca de 256 km² e 248 km² correspondem, respetivamente às sub-bacias dos afluentes mais importantes: o rio Homem e o rio Rabagão.

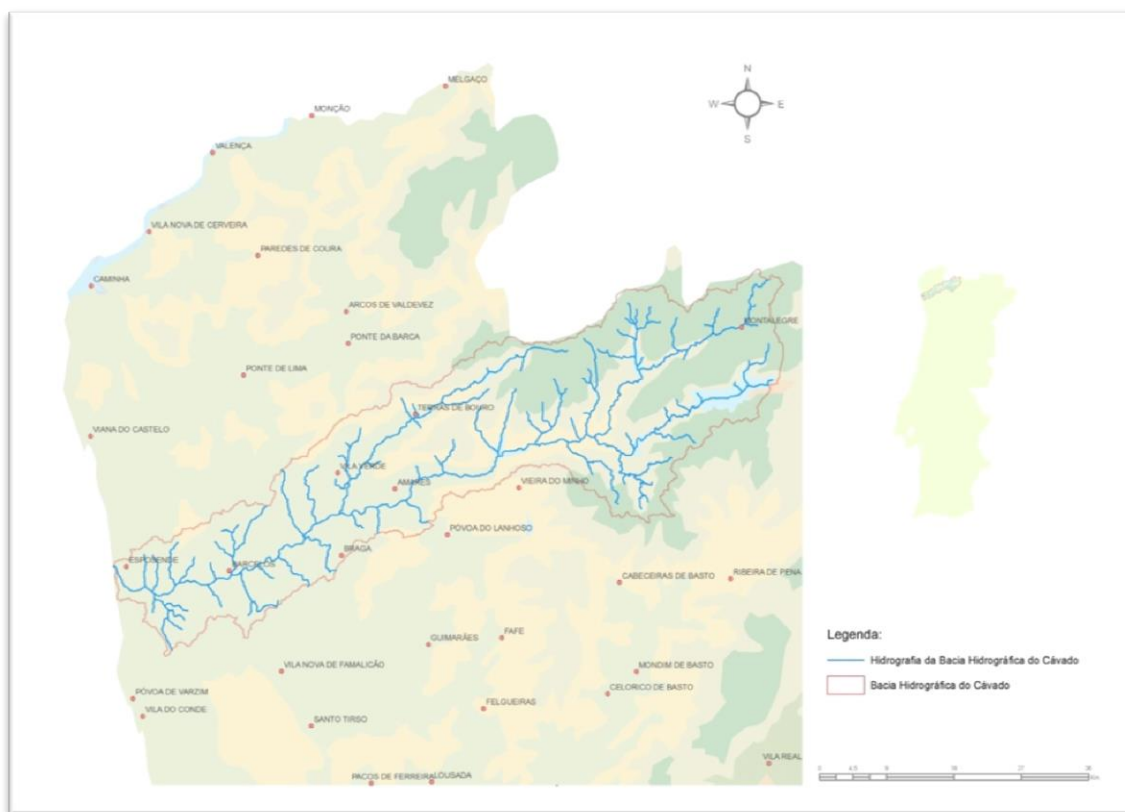


Figura 3: Enquadramento geográfico da área em estudo.

III.2. Enquadramento geológico e geomorfológico

A área correspondente à Bacia Hidrográfica do Cávado abrange em praticamente toda a sua extensão, formações geológicas correspondentes aos afloramentos graníticos das montanhas do Noroeste de Portugal continental.

No Minho prevalecem rochas de natureza granítica, na região transmontana prevalecem rochas xistentas e quartzíticas de idade ordovícica, silúrica e devónica.

Do ponto de vista estrutural, a área em estudo, localiza-se no sector NW do chamado Maciço Hespérico, também designado por Soco Hercínico, que constitui a parte central e ocidental dos terrenos que compõem a Península Ibérica. Esta unidade morfoestrutural tem sido dividida em várias zonas com características geológicas e estruturais diversificadas separadas por acidentes tectónicos (Lotze, 1945). Posteriormente, Julivert et al. (1972) modifica-as para: Zona Cantábrica, Zona Oeste Asturiana Lionesa, Zona da Galiza Média-Trás-os-Montes, Zona Centro Ibérica, Zona de Ossa Morena e Zona Sul Portuguesa.

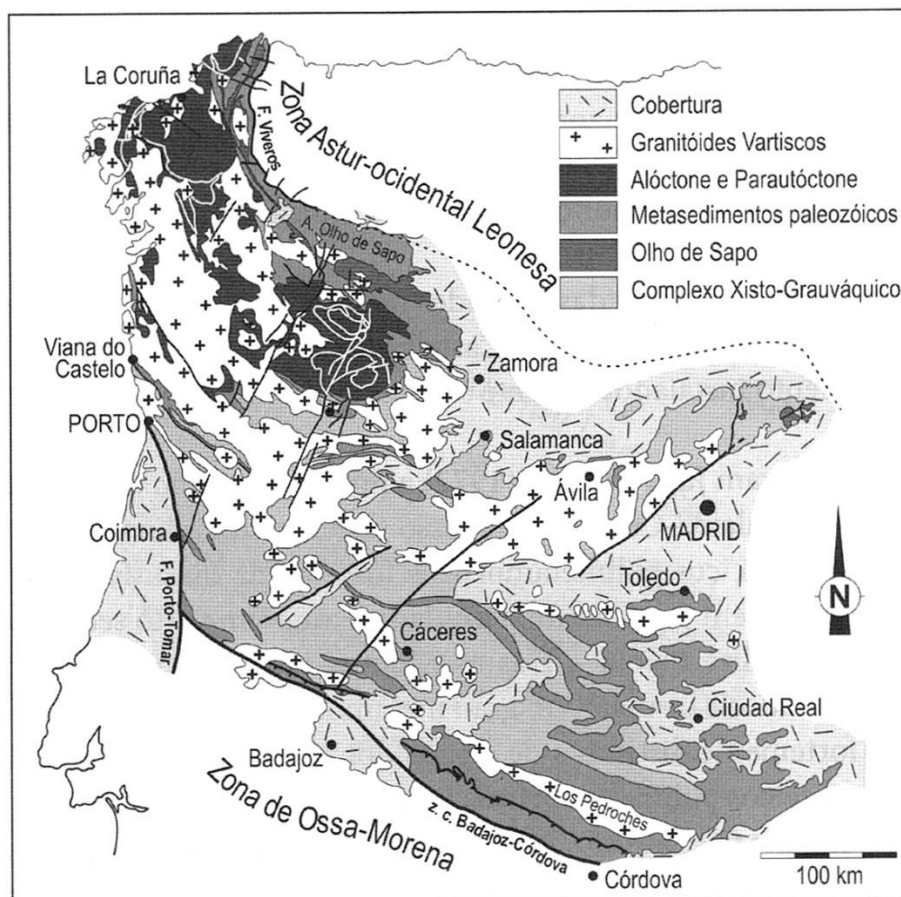


Figura 4: Zonamento do Maciço Hespérico (Julivert et al., 1972).

A área correspondente à bacia hidrográfica do Cávado fica situada na zona Centro Ibérica (Figura 4), que se caracteriza do ponto de vista estratigráfico pela presença de

um complexo de xistos e grauvaques ante-ordovícicos, pela presença de ordovícico gresoso na base e xistento no topo, discordante sobre os terrenos ante ordovícicos, silúrico com xistos negros, devónico nerítico, pouco espesso e carbónico continental. Outra característica importante da Zona Centro Ibérica é o desenvolvimento de magmatismo contemporâneo da orogénese que se distribui espacialmente segundo arcos que sublinham zonas de cisalhamento dúctil anteriores.

A estruturação da geologia da região compreende por um lado os terrenos metamórficos, os granitoides e os depósitos sedimentares recentes. No entanto a característica mais notável da geologia da região é a natureza predominantemente granítica dos terrenos que a constituem e a disposição dos afloramentos dos diversos maciços graníticos segundo arcos com direção preferencial NW-SE. Tal facto está relacionado com a intrusão ter sido condicionada por fraturas cisalhantes profundas da crosta com aquela direção, como por exemplo as falhas Vigo-Régua.

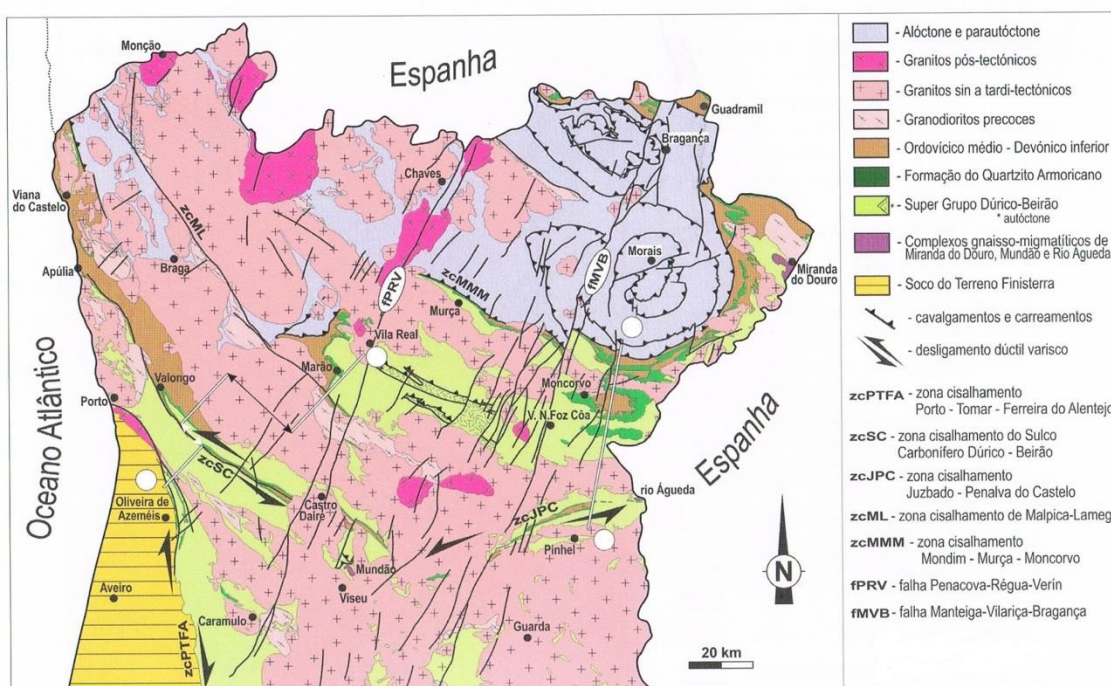


Figura 5: Geologia da região norte de Portugal continental (Fonte: Dias, R. *et al*, 2013).

Na região de Barcelos e a oeste de Braga, ocorrem alguns afloramentos de pelitos, psamitos, xistos e quartzitos cinzentos. No sector montante da área em estudo, entre Montalegre e a albufeira de Paradela, na margem direita do rio Cávado, destaca-se uma importante área de rochas do Complexo Gnaissomigmatítico, composto por micaxistos, gnaisses e migmatitos que se estendem até ao limite da bacia. Neste sector merece também destaque a faixa de xistos carbonosos que envolve, por norte, leste e sul, o maciço de Montalegre e uma extensa área da bacia do rio Rabagão entre as barragens de Venda Nova e do Alto Rabagão. É a nordeste de Montalegre, nestes afloramentos, que se encontra o local mais elevado da bacia hidrográfica.

O relevo da bacia integra-se no contexto mais vasto do relevo do Noroeste da Península Ibérica. Com efeito, a morfologia minhota e galega ocidental é marcada pela oposição entre relevos elevados, culminando em planaltos descontínuos preservados no topo de blocos individualizados entre vales desenhando um reticulado rígido, que sugere um controlo por fraturas geralmente de difícil identificação no terreno, e vales profundos mas largos de fundo aplanado, seguindo regionalmente orientações preferenciais mas apresentando contornos sinuosos.

Segundo Ferreira (1986), a originalidade do relevo ocidental dever-se-á às suas características litológicas, em que predominam as rochas cristalinas, a condições climáticas húmidas favoráveis à alteração, e uma tectónica complexa influenciando direta ou indiretamente a morfologia (criando desníveis ou facilitando a erosão diferencial), cujos efeitos são difíceis de distinguir. Refere também que aquele relevo é confuso e difícil de interpretar devido a três características, nomeadamente a descontinuidade e má conservação dos níveis de aplanação que aí identifica, a ausência de depósitos correlativos destes níveis, cuja idade atribui ao Terciário, e a originalidade das vertentes graníticas tendendo a conservar o seu perfil rígido e abrupto, o que dificulta a distinção entre escarpas tectónicas e vertentes erosivas.

III.3. Enquadramento hidrológico e hidrogeológico

O rio Cávado nasce na Serra do Larouco a uma altitude de cerca de 1520 metros, percorrendo aproximadamente 129 km na direção geral Este – Oeste até à foz em Esposende. Da sua rede hidrográfica há a destacar dois afluentes: na margem direita, o rio Homem, com um comprimento de 45 km, que nasce na Serra do Gerês e drena uma área de 256 km²; na margem esquerda, o rio Rabagão, com um comprimento de 37 km, que nasce entre as Serras do Barroso e Larouco e drena uma área de 248 km².

A bacia hidrográfica do Cávado insere-se, do ponto de vista hidrogeológico, em sistemas aquíferos de natureza fissurada, sustentados por rochas granitoides e metassedimentares do Maciço Hespérico. Em regra, as características geológicas da bacia estão associadas a baixa condutividade hidráulica, a forte heterogeneidade espacial e a incerteza da sua aptidão hidrogeológica, resultando em produtividades reduzidas. No entanto, dada a representatividade deste tipo de aquíferos na região, assumem uma enorme importância para o abastecimento de água local. As unidades porosas (aluviões e terraços principalmente) têm um desenvolvimento espacial pequeno mas podem constituir aquíferos de interesse local ou regional. São numerosas as nascentes permanentes e o aproveitamento das águas subterrâneas é feito, sobretudo, por meio de poços e galerias de mina que captam aquíferos livres. A recarga natural é feita essencialmente a partir da infiltração direta da precipitação ou por infiltração a partir de águas superficiais que se encontrem em conexão hidráulica com as unidades aquíferas. No caso dos aquíferos fissurados os valores anuais de recarga situam-se entre 5 a 10% da precipitação (Almeida et. al. 2000).

Capítulo IV. Delimitação de áreas preferenciais de recarga aquífera

Como explicitado anteriormente no capítulo referente à descrição metodológica (Capítulo III), o modelo desenvolvido para a delimitação de áreas preferenciais de recarga na bacia hidrográfica do Cávado baseou-se no conhecimento empírico dos fatores ou critérios influentes no processo de recarga aquífera na região. Deste modo a análise realizada teve como suporte os sistemas de informação geográfica (SIG), tendo-se recorrido à análise multicritério na tarefa de delimitar áreas de recarga com base em informação geográfica referente aos critérios considerados: infiltração, tipo de solo, ocupação do solo, litologia, fracturação, declive e densidade de drenagem.

IV.1. Infiltração

O parâmetro infiltração eficaz foi considerado um fator preponderante para a delimitação de áreas preferenciais de recarga na medida em que a presença de água no solo é imprescindível para o desenvolvimento do processo de recarga, verificando-se que a ocorrência de precipitação na área em estudo apresenta considerável variabilidade.

Para a estimativa da infiltração eficaz foi necessário proceder à análise de séries de precipitação e de temperatura com o propósito de estimar respetivamente os valores de precipitação e evapotranspiração média anual da área em estudo. A informação de base foi obtida através da consulta da base de dados do SNIRH (Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos) e das normais de temperatura do IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera) para um conjunto de estações climatológicas seleccionadas na área em estudo e nas suas imediações.

IV.1.1. Precipitação

A precipitação, em quantidades consideráveis, só pode ocorrer porque, por um lado surge em zonas de baixas pressões sobre as quais convergem ventos que transportam humidade de vastas regiões adjacentes e, por outro, porque a renovação da humidade atmosférica é relativamente rápida.

Para que ocorra precipitação é necessário que as micro-gotas que constituem as nuvens cresçam cerca de 106 vezes, de modo a que o seu peso seja suficiente para caírem. Este crescimento faz-se por coalescência, processo em que as micro-gotas se aglomeram e ocorre condensação do vapor de água.

Ambos os processos referidos explicam o início da precipitação na nuvem, mas não a abundância de chuvas de longa duração. Para que a precipitação seja abundante é necessário ainda que exista um movimento geral atmosférico que permita a renovação do ar húmido.

As precipitações na área em estudo classificam-se, com base nos fenómenos atmosféricos que lhe estão associados, como precipitações orográficas. Quando os ventos marítimos, carregados de humidade, atingem uma cadeia montanhosa, têm tendência a elevar-se e, conseqüentemente, a arrefecer, dando origem a nuvens e permitindo o início da precipitação.

O estudo da precipitação na Bacia Hidrográfica do Cávado foi efetuado com base no tratamento dos dados dos postos udométricos e climatológicos que se localizam na área em estudo assim como de alguns postos localizados na região limítrofe. Os referidos dados encontram-se disponibilizados na base de dados do SNIRH.

A escolha das estações meteorológicas para o presente análise da precipitação regional teve inicialmente como base a definição de polígonos de Thiessen, tendo sido seleccionadas as estações cuja área de influência do respetivo polígono intersecta a área em estudo (Figura 6).

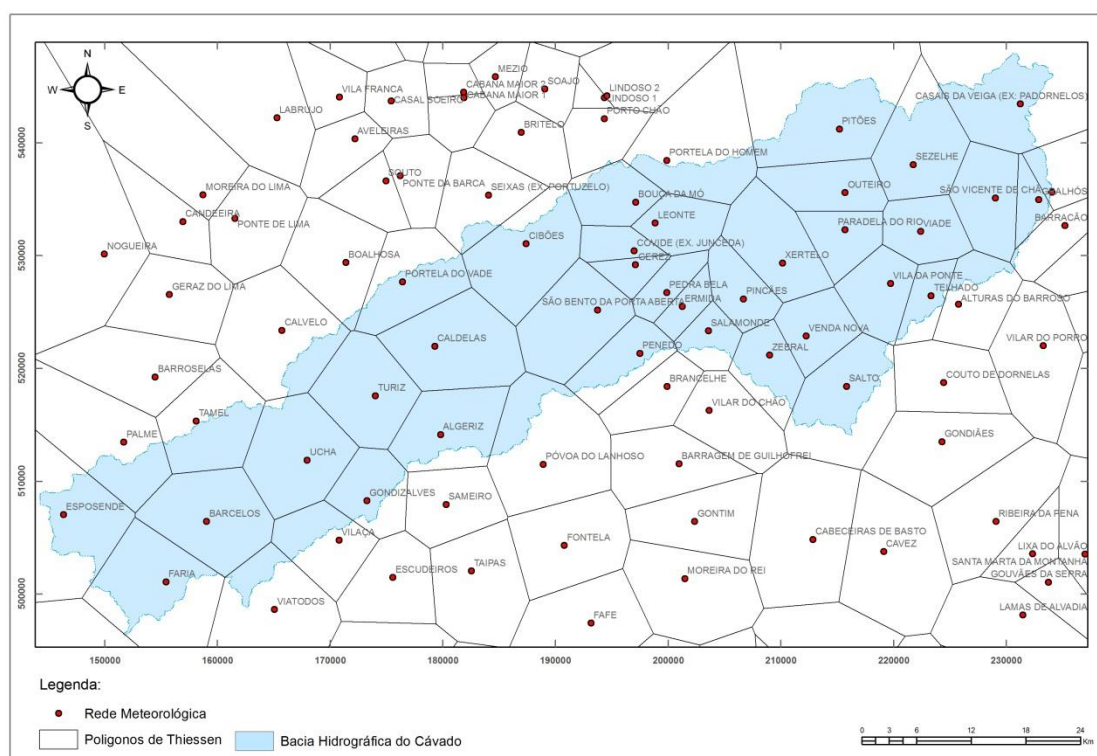


Figura 6: Polígonos de Thiessen traçados para a área de influência das estações udométricas situadas na Bacia Hidrográfica do Cávado ou na sua proximidade.

Considerando que para a maioria das estações os dados disponíveis na base de dados SNIRH terminam no ano hidrológico 1999/2000, optou-se por considerar neste estudo uma série de 30 anos relativa ao período de 1970 a 2000.

Das 40 estações seleccionadas (apresentado no Anexo 2), 15 apresentam séries incompletas, verificando-se um total de 198 lacunas.

Para o completamento das séries pluviométricas adotaram-se modelos de regressão linear, baseados no método dos mínimos quadrados. Para cada caso a estação utilizada para completar os dados em falta foi selecionada tendo em conta o grau de dependência entre as séries analisadas, avaliado com base no coeficiente de determinação (R^2) como se observa no Quadro 1. Com base no mesmo critério foram excluídas as séries pluviométricas das estações de Algeriz, Bouça de Mó, Esposende, Faria e Palme.

Quadro 1: Dados relativos ao completamento das séries pluviométricas.

Estação a completar	N.º de anos em falta	Estação utilizada	Equação	R^2
Casais da Veiga	4	Pitões	$Y = 0,8311X + 472,48$	0,6387
Cibões	10	Portela do Vade	$Y = 0,8553X + 260,59$	0,9439
Gondizalves	10	Barcelos	$Y = 0,9745X + 164,75$	0,9581
Outeiro	1	Viade	$Y = 0,8747X + 332,27$	0,8448
Pitões	2	Viade	$Y = 0,7678X + 151,89$	0,8905
Portela do Homem	8	Leonte	$Y = 0,8617X + 333,17$	0,8614
Póvoa de Varzim	11	Barcelos	$Y = 0,7695X + 0,9342$	0,876
São Vicente	1	Viade	$Y = 0,6799X - 14,036$	0,9718
Turiz	10	Barcelos	$Y = 0,9928X + 93,648$	0,9835
Ucha	10	Barcelos	$Y = 0,8642X + 133,5$	0,9742
Venda Nova	9	Salamonde	$Y = 0,9234X + 209,41$	0,9071
Vila da Ponte	5	Viade	$Y = 0,8739X + 92,374$	0,9756
Seixas	10	Portela do Vade	$Y = 0,7041X + 261,4$	0,8299
Calvelo	10	Portela do Vade	$Y = 0,6693X + 315,75$	0,8541
Tamel	11	Barcelos	$Y = 1,2884X + 3,0694$	0,9578
Vilaça	11	Barcelos	$Y = 1,0328X + 35,693$	0,9721
Póvoa de Lanhoso	10	Caldelas	$Y = 1,1347X - 31,768$	0,8894
Alturas do Barroso	5	Venda Nova	$Y = 0,6841X + 247,19$	0,8894

Tendo como base as equações resultantes dos modelos de regressão linear gerados para cada estação foram obtidas séries pluviométricas completas, como se apresenta no Quadro 2, no qual se apresentam também os resultados referentes à estimativa dos parâmetros estatísticos média, mediana, desvio padrão e coeficiente de variação.

Quadro 2: Séries pluviométricas completas relativas ao período de 1970 a 2000 (Parâmetros estatísticos: \bar{X} – Média; Med – Mediana; S – Desvio padrão; c.v. – Coeficiente de variação).

Ano	Barcelos	Caldelas	Casais da Veiga	Cibões	Covide	Ermida	Gondizalves	Gralhós	Leonte
1970	1227,5	1404,7	1666,5	1956,308	2537,3	2089,2	1360,95	1061,9	2967,8
1971	1319,4	1342,9	1418	1983,335	2525,3	2053,4	1450,51	976,6	2578,5
1972	1471,3	1526,6	1647,8	2055,523	2828,1	2024	1598,53	1184,7	3059,8
1973	1597,1	1729,6	1475,8	2402,261	3321,7	2325,7	1721,12	1266,6	3683,4
1974	1190,5	1201,3	1301,1	1807,143	2407,6	1760,3	1324,89	938,5	2431,3
1975	823,1	935,9	1135,5	1444,667	1733,1	1277,8	966,86	627,5	1726
1976	2312,3	2465,2	1736,7	3125,332	4258,4	3372,1	2418,09	1485,1	4189,2
1977	2148,5	2061,8	1700	2690,754	3579,2	2766,9	2258,46	1388,4	3362,4
1978	2436,2	2345	2003,8	3527,237	4314,9	3444	2538,83	2394	4223,5
1979	1533,5	1718,3	1447,5	2294,75	2932,8	2119	1659,15	1008	2627,7
1980	1196,3	1251,5	1285,3	1666,6	2175	1657,3	1224	817,5	2013,5
1981	1307	1402,8	1086,5	2179,9	2650,78	2236,2	1486	721	2694,5

1982	1472	1767	1422,9	2827,1	2577,6	2678,5	1700,9	1079,1	3149
1983	1498	1412,5	1562,8	2390,7	2236,6	2135,1	1629,6	1047,6	2881,8
1984	1850,9	1891,1	1976,4	2948,6	2872,5	2823,2	1986,9	1050,5	3890,1
1985	1681,7	1961	1600,1	2909,7	2751,9	2349,5	1896,7	1171,2	3538,7
1986	1348	1399,8	1189	1837,6	2016,6	1871,3	1392	944,7	2318
1987	1926,7	2084,7	2318,8	2581,1	2809,6	2309,8	1974,1	1452,5	2342,9
1988	878,6	1013	945,2	1103,8	1162,6	1071,4	1019,7	712,2	912,6
1989	1311,5	1385,1	1677,9	1318,1	1337	1880,6	1466,9	1239,2	1762,8
1990	1572,2	1813,8	1626,7	1589,2	1624,1	2310,5	1629,9	1047,2	2696,8
1991	1056,4	1142,5	1685,33	1099	1325,4	1674,8	1195,5	821,5	2350,3
1992	1176,4	1259	1246,9	1458,1	1430,5	1921,5	1301,5	813	2545,1
1993	1712,1	2075,1	1336,7	2773,8	2701,9	2642	1932,9	1371,8	3078,1
1994	1343,1	1797,6	1319,6	2520,5	2704,9	2438,7	1539,4	1154,7	3249,2
1995	1986,1	1991,1	1596,9	2671,3	3136,9	2625,1	2070,8	1485	3737,2
1996	1501,4	1630,8	1688,99	2021,5	2363,4	1972,9	1534,6	1004,8	2579,8
1997	1983,9	2160,8	1261,4	2975,8	3166,6	2779,4	2064	3044,4	3493,9
1998	1189,2	1299,6	527,3	1862,4	2022,6	1788,3	1325,4	1995,1	2194,7
1999	1469,8	1661,8	1694,08	2245,4	2779,1	1890,9	1633,1	2458,7	2369,7
2000	2907,4	3234,8	4012,80	4961,9	5111	4241	2998,01	5329,1	4878,2
X̄	1562,20	1689,25	1567,56	2297,72	2625,64	2275,17	1687,07	1390,07	2887,95
Med	1472	1661,8	1562,8	2245,4	2650,78	2135,1	1629,6	1079,1	2696,8
S	452,50	474,70	556,04	775,99	877,53	628,64	443,76	895,681	816,84
c.v.	0,29	0,28	0,35	0,34	0,33	0,28	0,26	0,64	0,28

Quadro 2: (Cont.)

Ano	Outeiro	Paradela do Rio	Pedra Bela	Penedo	Pincães	Pitões	Portela do Homem	Portela do Vade	Póvoa do Varzim
1970	1814,5	1740,3	2722,8	2236,6	1993,3	1610,8	2602,9	1982,6	945,49
1971	1474,2	1414,4	2021,2	2103	1888,3	1207,5	2487	2014,2	1016,21
1972	2022,2	1897,5	1652,7	2317,8	2151	2019,5	2726,3	2098,6	1133,09
1973	2269,2	2153,5	1581,1	2421,2	2540,3	2075,2	3222,9	2504	1229,90
1974	1662	1512,5	1333,5	1761,4	1537	1384,4	2258,8	1808,2	917,02
1975	1262,8	1191,6	1542,4	1036,8	1251,8	897	1686,4	1384,4	634,30
1976	3046,4	2713,1	1085,7	3427,8	2974,9	2350,1	4131,3	3349,4	1780,24
1977	2492	1725,8	3031,8	2981	2595,2	2370	3482,9	2841,3	1654,20
1978	4007,8	2820,8	3743,2	4042,9	3297	2960,9	4417,6	3819,3	1875,59
1979	2121,8	1395,2	2700	2347,6	1924	1782,9	2768,48	2378,3	1016,5
1980	1615,8	1243,1	1970,5	1839,6	1591,5	1532,6	1885,77	1816,3	825,5
1981	1972,5	1708,5	2510	2138,4	1990,2	1631,5	2705,9	2228,5	1124
1982	2574,4	2204,4	3902,2	2731,4	2328,2	1712,8	3205,7	2386,2	1161,2
1983	1708,3	1776,9	2957,9	2265,1	1998,5	1540,3	2581,5	2030,8	1139
1984	2682,5	2494	3101,9	3255,3	2593,2	2285,4	3362	2592,6	1337,2
1985	2361	2481,8	2840,5	3045,6	2419,5	1753,7	3098,6	2461,8	962,5
1986	1467	1372,7	1563,7	1992,7	1638,1	1480,2	2205,4	1594,9	1038,22
1987	2377	2316,1	2057,6	2994,1	2442,7	2153,9	3531,4	2474,1	1483,52

1988	748,5	911,3	990,8	1502,6	731,7	938	1077,9	1223,7	703,2
1989	1322	1154	1894,1	2201,2	962,7	1749,5	2070,4	1339,9	1431,1
1990	1282	936,2	2540,8	2368,5	1155,6	1450	2769,5	1717	1143,5
1991	1100,5	747,2	1812,3	1821,3	887,5	1404,9	2057,4	1289	739
1992	983,5	834,4	2241,7	2002,8	958,4	1410,1	2430,4	1311,9	796
1993	2090,5	2081,8	3159,6	2803,9	2201,4	1814	2985,53	2626,1	1350
1994	2181	2212,7	2843,3	2588,2	2196,6	1590,9	3132,97	2458,5	1206
1995	2479,5	2102,3	2910,3	2859,6	2447,3	2281,4	3553,48	2885,9	1854
1996	1665,5	1604,1	2236,3	2346,2	1789,3	1408,5	2556,14	2093	1088,5
1997	2542	2517,7	3252	2975	2470,3	2205,61	3343,82	3027,7	1562,5
1998	1656,5	1505,9	1975,5	2186,6	1729,2	925,1	2224,30	1948,6	786,5
1999	2144	2046,8	2261,9	2363,3	1742,9	1413,5	2375,10	2375,8	1172,8
2000	4030,20	4936,7	4910,6	4999,3	3985,4	3693,69	4536,67	4597	2187,9
X̄	2037,33	1863,01	2430,58	2514,74	2013,32	1775,29	2821,76	2279,34	1203,05
Med	2022,2	1740,3	2261,9	2347,6	1993,3	1631,5	2726,3	2228,5	1139
S	746,78	791,38	852,51	743,55	708,57	578,27	758,38	737,69	372,04
c.v.	0,37	0,42	0,35	0,30	0,35	0,33	0,27	0,32	0,31

Quadro 2: (Cont.)

Ano	Salamonde	Salto	São Bento	São Vicente	Sezelhe	Telhado	Turiz	Ucha	Venda Nova
1970	1790,6	1625,8	2421,8	1227,7	1629,8	1770,6	1312,32	1194,296	1923,8
1971	1785,7	1363,1	2241	1074,6	1374,9	1306,4	1403,558	1273,715	1702,9
1972	2030,5	1921,5	2574,6	1349,9	1661,8	1859,3	1554,365	1404,987	2004,9
1973	2381,6	1918,1	3202,2	1454,7	1880,2	2018,4	1679,259	1513,704	2440,8
1974	1573,5	1117,2	2014,2	1031,5	1247	1528,5	1275,586	1162,32	1593,3
1975	1336	1383,3	1492,6	799,6	1027	1072,2	910,8317	844,813	1304,2
1976	2978,6	2636,2	4100,3	1955	2101,6	1975,3	2389,309	2131,78	3031,3
1977	2652,1	2288,2	3372,6	1822,9	1620,3	2020	2226,689	1990,224	2784,6
1978	3708,9	2781	4414,5	2635,8	2053,8	2528,2	2512,317	2238,854	3969,4
1979	2111,1	1881,6	2773,8	1329,1	1073,6	1260,1	1616,117	1458,741	2083,5
1980	1712,9	1203,6	2090	1001,3	1131,1	1101,6	1150,2	1064,3	1535,3
1981	2096,6	1995,8	2468,2	1160,4	995,5	1565,8	1420,2	1305,4	1982,7
1982	2396,5	2263,8	3343,7	1440,6	1543,1	1482,1	1630,1	1536,3	2348,2
1983	1854,1	1894,7	2330	1285,2	1701,3	1353,1	1559,2	1450,2	1964,1
1984	2722,4	2384,9	3145,3	1678,2	2454,8	1748,3	1965	1565,3	2598
1985	2227,7	2105,8	3099,2	1501,6	2298,7	1733,7	1820,3	1427,1	2268,2
1986	1656,8	1219,4	1976,7	942,2	1436,1	1068,5	1421	1287,3	1589,6
1987	2441,6	2339,4	3085,2	1588,9	2250,3	1778,4	1962,1	1826,5	2328,3
1988	814	1180,5	1508,4	781,1	977,1	831,6	1039,1	968,2	933,8
1989	1078,3	1671,3	1882,2	1265,4	1529,8	1619,3	1325,1	1236,4	2100,7
1990	1969,3	1978,6	2548,7	1237,3	1658,4	1618	1569,1	1580	1904,5
1991	1401,2	1373,8	1618,4	956,6	1245,4	999,8	1170,9	1026,7	1508,5
1992	1786,4	1586	2079	1090,2	1295,2	1068,6	1229,2	1079,7	1858,98
1993	2204,2	2202,1	3343,2	1570,3	2006,1	1697,4	1764,5	1598,8	2244,78

1994	1916,5	2087,7	3202,7	1475,4	1826	1616,2	1594,4	1349,2	1979,12
1995	2488,1	2547,6	3330,6	1850,8	2295,1	2169	2184,3	1841	2506,93
1996	1803,6	1650,7	2506,5	1145,1	1578,4	1569,7	1484,5	1376,5	1874,86
1997	2520,5	2562,6	3643,3	1797,2	2314,6	2116,5	2078,5	1839,1	2536,85
1998	1481,6	1322,5	2202,3	1093,9	1413,2	1232,17	1259,5	1215,8	1577,53
1999	1636	1332,8	2714,2	1463,8	1691,6	1443,33	1518,9	1487,3	1720,10
2000	3905,9	3925,8	5636,4	3122,295	3779,3	3297,85	2955,2	2715,7	3816,13
X	2079,45	1927,27	2785,87	1423,50	1712,62	1627,42	1644,57	1483,56	2129,54
Med	1969,3	1918,1	2574,6	1329,1	1629,8	1616,2	1559,2	1427,1	1982,7
S	658,13	595,91	882,61	490,18	562,66	490,83	452,998	396,19	638,06
c.v.	0,32	0,31	0,32	0,34	0,33	0,30	0,28	0,27	0,30

Quadro 2: (Cont.)

Ano	Viade	Vila da Ponte	Xertelo	Zebral	Seixas	Calvelo	Tamel	Viatodos
1970	1893	1812,2	2806	2858,5	1657,349	1642,63418	1584,5771	1259,9
1971	1563,4	1435,9	1644,1	2497,8	1679,598	1663,78406	1702,9811	1265,8
1972	1904,6	1682,4	1815,8	3446,2	1739,024	1720,27298	1898,689	1302,3
1973	2270	1988,4	1494,3	3528,6	2024,466	1991,6072	2060,7697	1615,5
1974	1399,4	1025,5	1219,2	2018,5	1534,554	1525,90826	1536,9063	1241,9
1975	1175,3	1075,1	1045,7	1691,7	1236,156	1242,25892	1063,5481	980,9
1976	2798,1	2539,3	2277,4	3540,3	2619,713	2557,43342	2982,2334	2435,5
1977	2610,4	2420,7	2227,1	3125,1	2261,959	2217,36209	2771,1935	1953,3
1978	3564,3	3261,8	3413,7	4025,5	2950,569	2871,93749	3141,8662	2293,7
1979	1950,4	1780,5	2160,8	2273,3	1935,961	1907,47619	1978,8275	1635,3
1980	1328,6	1349	1561,1	1868,4	1312,1	1437,2	1520,6	1184
1981	1869,6	1864,7	1990,4	2244,3	1627,6	1574,6	1766,7	1396,9
1982	2311,1	2077,3	2356,4	2800,6	1990,3	1758,2	1986	1493,4
1983	1899,1	1795,5	1971,9	2243,2	1731	1727,5	1990	1933,7
1984	2656,1	2339,8	2440,4	3048,3	2382,9	2230	2574	2202,5
1985	2324,8	2212,2	2351,9	2849	2038,6	2102,1	2438	2060,1
1986	1359,3	1360,7	1498,7	1847,9	1358	1594,7	1684,5	1571,4
1987	2492,9	2402,4	2254,4	2866	2085	2213,5	2545	2243,3
1988	1097,4	1126,7	881	895,4	1150,9	1141,9	1053	920,8
1989	1940,6	1812,1	1239,3	1649,9	1571,4	1539,5	1731	1694,8
1990	1974,3	1586,1	2069,4	2462,1	1612,5	1493,5	2205	1810,5
1991	1494,8	1355,1	1574,3	1764,1	1380	858	1302,5	1218,8
1992	1706,2	1685,6	1788	2123,1	1448,1	1526,1	1663,8	1661,5
1993	2336,4	2228,6	2499,6	2934,6	2264,4	2196,5	2156,6	2237,3
1994	2364,7	2158,93033	2509,3	2724,2	1765,7	2044,5	1843	1551,4
1995	2757	2312,2	2550,4	3085,1	2311	2281,8	2328	2347,4
1996	1716,7	1592,64313	2035,4	2136,9	1657,1	1752,5	1585	1473
1997	2674,8	2429,92672	2731,2	3045,1	2088,7	2509,9	2361,5	1805,1
1998	1595,1	1551,9	1762,7	1995,1	1056,1	942	1535,2314	1217,6
1999	1903,6	1755,97504	1944,4	2458,7	1583,5	1444,1	1709,1	1590,3

2000	4612,9	4123,63231	4630,6	5329,1	3802	3370	3790,5	2856,4
\bar{X}	2114,35	1940,09	2088,55	2625,05	1866,33	1841,25	2015,83	1692,074
Med	1940,6	1812,1	2035,4	2497,8	1731	1727,5	1727,5	1450
S	710,71	628,81	714,81	826,76	555,02	534,23	534,23	351,68
c.v.	0,34	0,32	0,34	0,31	0,30	0,29	0,27	0,21

Quadro 2: (Cont.)

Ano	Vilaça	Póvoa de Lanhoso	Alturas do Barroso	Firvidas
1970	1303,49	1716,068	1677,4	1126,8
1971	1398,40432	1645,616	1298,1	937,8
1972	1555,28664	1855,034	1588,6	1170,6
1973	1685,21288	2086,454	1732,4	1206,8
1974	1265,2764	1484,192	1209,1	926,7
1975	885,82568	1181,636	1052,7	818,1
1976	2423,87144	2925,038	2384,2	1558,2
1977	2254,6988	2465,162	2201,5	1518,5
1978	2551,83536	2788,01	2840,9	2061,2
1979	1619,5268	2073,572	1548,8	1139
1980	963,9	1312,1	1261	812,4
1981	1454,5	1627,6	1691,7	1077,9
1982	1554,2	1990,3	1891,8	1320,6
1983	1596,2	1731	1678,8	1236,4
1984	1944,1	2382,9	2267,1	1531,7
1985	1883,7	2038,6	1949,7	1168,9
1986	1341,2	1358	1331,1	913,2
1987	1967,6	2085	2218,4	1459,4
1988	940,1	1150,9	1055,3	720,4
1989	1466,8	1571,4	1752,6	1235,9
1990	1590	1612,5	1704,5	1023
1991	1153,9	1380	1203,6	482,7
1992	1291,5	1448,1	1409,6	461,2
1993	1954	2264,4	1923,1	1269,5
1994	1551,6	1765,7	1173,8	1219,31
1995	1961,6	2311	1657,7	1697,1
1996	1561,3	1657,1	1529,794627	1013,2
1997	2118,9	2088,7	1982,65888	1635,3
1998	1303,6	1056,1	1326,38789	761,5
1999	1542,6	1583,5	1423,922052	499,7
2000	3038,49072	3802	2857,813206	2538,8
\bar{X}	1649,14	1885,09	1704,00	1178,77
Med	1615,5	1555,29	1731	1677,4
S	461,78	473,99	571,18	462,84
c.v.	0,28	0,25	0,34	0,39

Dos resultados do tratamento estatístico efetuado aos dados das séries pluviométricas corrigidas, foram considerados os valores de precipitação média para as estações selecionadas de forma a gerar informação geográfica relativa à distribuição da precipitação média anual para a área em estudo. A espacialização dos valores de precipitação para a totalidade da área resultou da aplicação do método de interpolação de Kriging e encontra-se representada no mapa da Figura 7.

O método de estimativa geoestatística ou de Kriging é aplicado sob a premissa de que os dados pontuais relativos a uma variável (denominada por variável regionalizada) se encontram correlacionados no espaço. A aplicação deste método permitiu gerar um mapa de isovalores de precipitação média para a região através de um algoritmo de interpolação simples que teve por base os valores pontuais relativos a cada estação udométrica assim como as distâncias relativas entre as mesmas.

Verifica-se, observando o mapa da Figura 7, um aumento relativo aos valores de precipitação média anual de SW para NE até à região da serra do Gerês, ocorrendo a partir desta área um decréscimo destes valores até à região transmontana. Esta distribuição corrobora a teoria da forte influência do relevo na ocorrência e intensidade de precipitação na região.

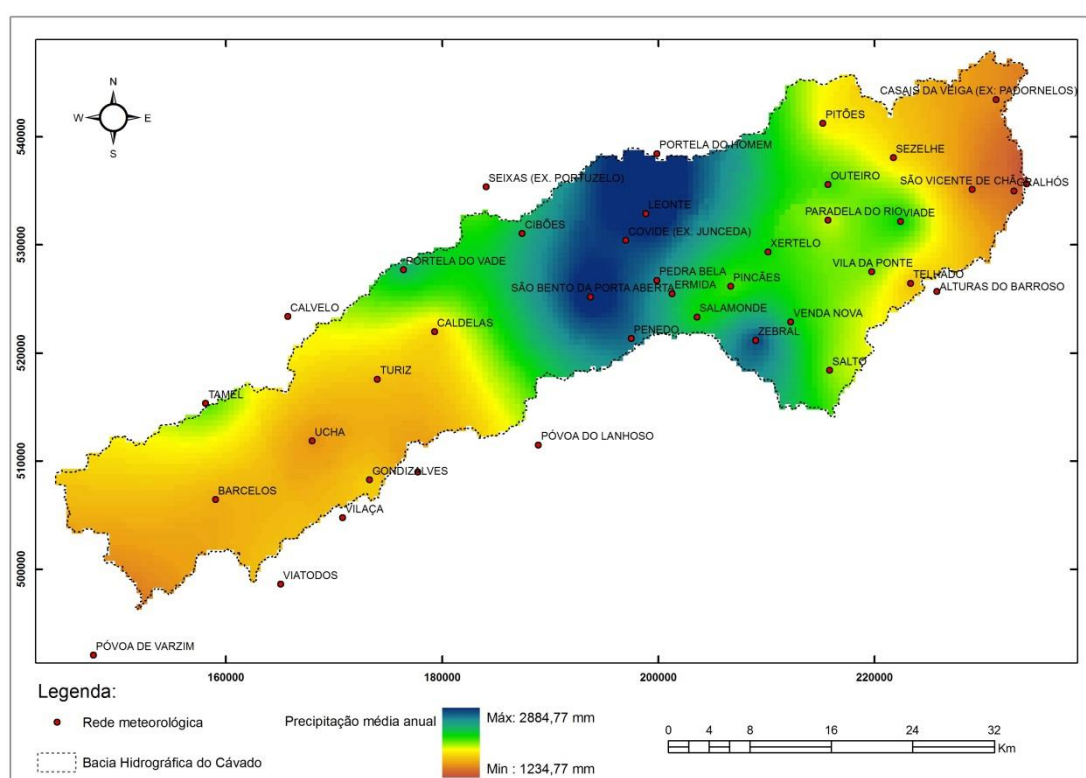


Figura 7: Mapa representativo da distribuição dos valores de precipitação média anual da bacia hidrográfica do Cávado para o período de 1970 a 2000, usando o método de kriging.

IV.1.2. Evapotranspiração

O processo de evapotranspiração representa uma fase relevante do ciclo hidrológico que interessa estudar, no âmbito do presente estudo, com o objetivo de estimar os valores de infiltração eficaz na região.

A água, proveniente da precipitação, atinge o solo e, parte dela escorre á superfície enquanto uma outra porção se infiltra no solo. Da água que se infiltra alguma sofre evaporação, se estiver nas camadas mais superficiais do solo, e uma outra porção é captada pelas plantas, principalmente se estas se encontrarem numa fase de crescimento, que a usam no processo de fotossíntese devolvendo-a novamente à atmosfera através de um fenómeno designado por transpiração. Estes dois processos são muitas vezes difíceis de distinguir sendo por isso usual tratá-los em simultâneo designando-os no seu conjunto por evapotranspiração. Adicionalmente os dois processos são bastante dependentes da temperatura atmosférica o que faz com que apresentem uma gama de flutuações semelhante.

Assim a evapotranspiração é o resultado do processo através do qual a água muda do estado líquido para o gasoso e, de forma direta ou através das plantas, volta à atmosfera.

Para a estimativa da evapotranspiração na área em estudo procedeu-se ao tratamento de normais de temperatura de estações climatológicas da região, adotando-se a aplicação do método de Thornthwaite.

IV.1.2.1 Temperatura

Ao contrário da rede udométrica, a rede climatológica da região do Minho é relativamente diminuta. Um dos aspetos que certamente contribui para esta situação prende-se com a maior estabilidade espacial e temporal da temperatura e a sua maior previsibilidade, quando comparada com a precipitação. De facto, aquele parâmetro apresenta-se francamente dependente da altitude, definindo-se, a nível da troposfera, um gradiente médio de $-6,5^{\circ}\text{C km}^{-1}$ (Shaw, 1994 *in* Lima, 2000).

No Quadro 3 apresentam-se as normais de temperatura mensal para as estações do norte de Portugal continental, para o período entre 1971 e 2000. Os dados relativos às estações de Barcelos, Ponte da Barca e Gondizalves foram obtidos na base de dados do SNIRH e os dados das restantes estações tiveram como fonte o IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera).

Quadro 3: Normais de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) para as estações meteorológicas da região Norte de Portugal Continental para o período entre 1971 e 2000.

Estação	Altitude (m)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Braga	190	9	9,9	12,3	13,2	15,8	19,5	21,4	21,4	19,4	15,9	12,3	10,2

Bragança	690	4,5	6,2	9,2	10,7	14	18,8	21,7	21,6	18,4	13,1	8,3	5,5
Porto	93	9,5	10,4	12,2	13,7	15,9	19	20,6	20,8	19,5	16,4	13	10,7
Viana do Castelo	16	9,8	10,5	12,7	13,7	15,9	19,2	20,8	20,8	19,2	16,1	12,8	10,8
Vila Real	481	6,3	7,9	10,8	12	14,9	19,2	21,3	21,7	18,5	14,4	9,4	6,8
Viseu	443	7,1	8,6	11	11,9	14,7	19	21,7	21,6	19	14,7	10,6	8,5
Barcelos	36	8,8	9,9	11,9	13,2	15,5	18,7	20,6	20,4	18,9	15,4	12,3	10,4
Ponte da Barca	39	8	9,2	11,5	13,3	15,9	19	21,5	21,5	19,4	15,3	12,4	9,6
Gondizalves	90	8,5	9,6	11,5	12,99	15,4	19,3	20,9	20,95	19,6	15,8	11,97	9,4

A distribuição da temperatura média mensal ao longo do ano é semelhante em todas as estações climatológicas (Figura 8). O mês de janeiro é invariavelmente o mês mais frio. Julho e agosto são os meses mais quentes, verificando-se na maioria das estações um decréscimo térmico do primeiro para o segundo, com exceção das estações do Porto, Vila Real e Gondizalves, onde ocorre uma tendência oposta.

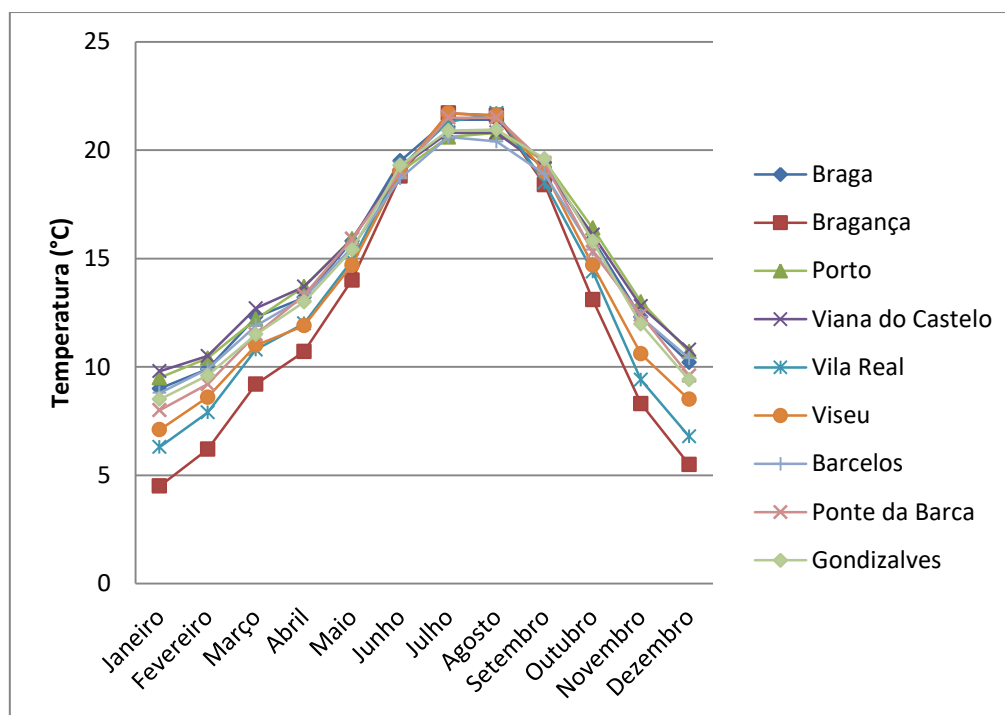


Figura 8: Distribuição da temperatura média mensal registada nas estações meteorológicas da região em estudo para o período compreendido entre 1971 e 2000.

No gráfico da Figura 9 encontra-se representada a variação da temperatura em função da altitude constatando-se forte correlação entre estes dois fatores.

Para colmatar a escassez de dados de temperatura foram adotados modelos de regressão linear múltipla, baseados no método dos mínimos quadrados, tendo em conta a evidência de correlação entre os fatores altitude, latitude e longitude na variação dos valores da temperatura regional. Deste modo, foram tratados os dados relativos às estações consideradas na análise da

precipitação, tendo sido gerada, caso a caso, uma equação de correlação cuja consistência foi avaliada com base no coeficiente de determinação (R^2).

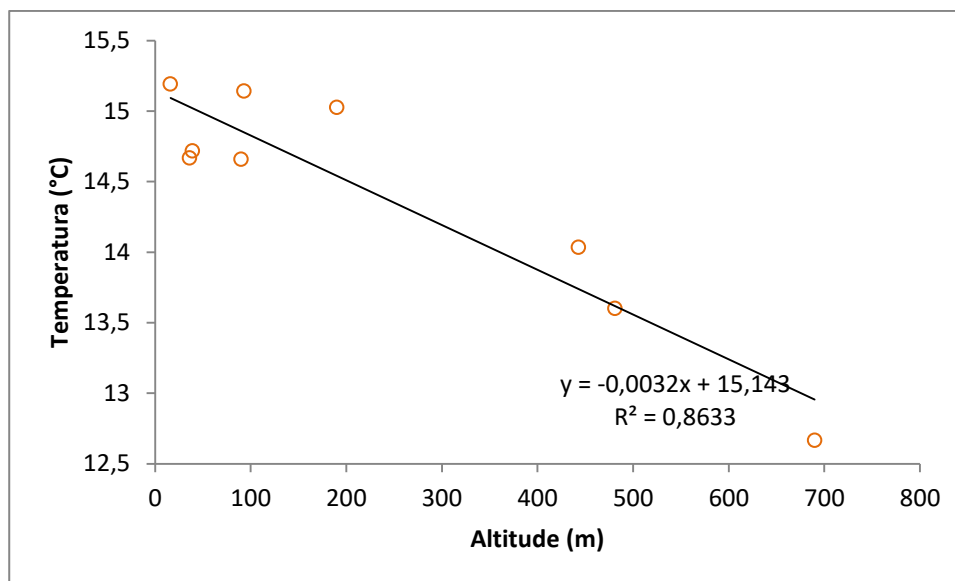


Figura 9: Variação da temperatura média anual em função da altitude.

Os valores de temperatura mensal calculados para cada estação através do método enunciado encontram-se apresentados em anexo (Anexo 3).

IV.1.2.2 Evapotranspiração potencial

Denomina-se por evapotranspiração potencial (ETP) o valor de evapotranspiração que ocorreria se não houvesse deficiência de alimentação em água para o referido processo.

A evapotranspiração abrange uma grande parte da água retirada de uma bacia hidrográfica, pelo que é importante a sua consideração do ponto de vista do balanço hidrológico.

Existem diversos métodos aplicados ao cálculo de evapotranspiração potencial desde métodos de medição direta, métodos semi – empíricos e empíricos, tendo-se optado pela aplicação da fórmula de Thornthwaite que traduz um método empírico para estimar a ETP. Este método tem como base os valores da temperatura média para cada mês relativos ao local que se pretende estudar e através dos quais é possível calcular o índice de calor mensal através da fórmula:

$$i = (t/5)^{1,514} \quad (1)$$

em que o valor de índice de calor anual, I é igual:

$$I = \sum i \quad (2)$$

sendo o $\sum i$ a soma dos doze índices mensais do ano considerado. Para os meses teóricos de 30 dias, com 12 horas por dia de sol, utiliza-se a seguinte expressão:

$$\varepsilon = 16,2(10t / I)^a \quad (3)$$

ε = evapotranspiração potencial média (mm/dia);

t = temperatura média do mês em °C;

I = índice de calor anual;

$$a = 6,75 \times 10^{-7} I^3 - 7,71 \times 10^{-5} I^2 + 1,79 \times 10^{-2} I + 0,49$$

Finalmente terá de ser tida em conta a duração real do mês e o número máximo de horas de sol, segundo a latitude do local e posteriormente utilizar a expressão:

$$ETP = K \cdot \varepsilon \quad (4)$$

onde:

ETP = evapotranspiração potencial em mm/mês

$$K = \frac{N}{12} \cdot \frac{d}{30} \cdot d \quad (5)$$

N = número máximo de horas de sol, segundo a latitude

d = número de dias do mês

Assim a evapotranspiração potencial corresponde ao limite superior de quantidade de água que volta à atmosfera. Foram estimados os valores de ETP através da aplicação do método de Thornthwaite para o total das 35 estações localizadas na área em estudo e na sua região limítrofe, tendo como base os valores de temperatura média mensal. Representa-se no Quadro 4 um exemplo da aplicação deste método para os dados da estação de São Bento da Porta Aberta, encontrando-se os cálculos relativos às restantes estações apresentados em anexo.

Quadro 4: Cálculo da ETP através da fórmula de Thornthwaite, para a estação de São Bento da Porta Aberta..

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Nº h /dia sol	9,7	10,6	12	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,4	
K	0,84	0,91	1,03	1,15	1,24	1,29	1,27	1,18	1,08	0,96	0,86	0,81	
T média	7,22	8,18	10,4	11,8	14,4	17,9	20,0	19,9	19,1	14,3	10,6	8,35	
i	1,75	2,11	3,05	3,66	4,95	6,87	8,16	8,13	7,61	4,88	3,11	2,18	
e	23,3	28,1	40,3	48,1	64,7	89,2	105	105	98,6	63,9	41,0	28,9	

ETP	19,5	25,6	41,6	55,1	80,2	115	133	124	106	61,6	35,3	23,4	821,6
P	391	326	196	213	205	106	48	49	149	280	332	445	2740
I	56,5												
a	1,48												

IV.1.2.3 Evapotranspiração real

A evapotranspiração real (ETR), segundo Thornthwaite, refere-se às perdas de água por evapotranspiração supondo um desenvolvimento vegetal ótimo e uma capacidade de campo permanentemente completa.

Para a estimativa da evapotranspiração real a partir dos valores de evapotranspiração potencial procedeu-se à elaboração de balanços hídricos tendo como base os dados de precipitação média mensal assim como a capacidade utilizável do solo do local em estudo.

Um balanço hídrico, para um determinado intervalo, pode traduzir-se da seguinte forma:

$$P = ETR + EX + \Delta R \quad (6)$$

em que:

P = precipitação em mm

ETR = evapotranspiração real em mm

EX = excedentes de água (escoamento + infiltração) em mm

ΔR = reserva de água utilizável pelas plantas em mm

havendo naturalmente a condição de que $ETR \leq ETP$, ou seja, que a evapotranspiração real é menor ou igual à evapotranspiração potencial.

Com base na estimativa prévia dos valores de ETP, assim como dos dados referentes à precipitação média mensal para as 35 estações estudadas, estimaram-se os valores de ETP através da aplicação do método do balanço sequencial mensal, como se exemplifica no Quadro 5.

Quadro 5: Cálculo da ETR com base no método do balanço sequencial mensal, para a estação de São Bento da Porta Aberta (P: Precipitação; ETP: Evapotranspiração potencial; L:..; Sso: Armazenamento de água no solo; ΔSso : Variação do armazenamento de água no solo; ETR: Evapotranspiração real; SH: Superavit hídrico; DH: Deficit hídrico).

	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Total
P	280,0	332,1	444,5	391,3	326,2	196,3	212,7	204,7	105,9	48,2	49,1	148,6	2739,5

ETP	61,6	35,3	23,4	19,5	25,6	41,6	55,1	80,2	115,3	133,7	124,1	106,1	821,6
P-ETP	218,4	296,8	421,1	371,9	300,6	154,6	157,6	124,5	-9,4	-85,5	-75,0	42,5	1917,9
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-9,4	-94,9	-170	0,0	
Sso	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	91,0	35,2	6,4	48,9	
ΔSso	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-9,0	-55,8	-28,8	42,5	48,9
ETR	61,6	35,3	23,4	19,5	25,6	41,6	55,1	80,2	114,8	103,9	77,9	106,1	745,2
SH	118,4	296,8	421,1	371,9	300,6	154,6	157,6	124,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1945,4
DH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	29,7	46,3	0,0	76,4

Os resultados da aplicação da fórmula de Thornthwaite e do método do balanço sequencial mensal para a estimativa da evapotranspiração real nas estações em análise encontram-se apresentados de forma detalhada no Anexo II.

Quadro 6: Valores de ETP e ETR para as estações climatológicas analisadas.

NOME	ETP	ETR
Pitões	679,59	594,48
Casais da Veiga	692,25	570,38
Portela do Vade	824,08	709,44
Caldelas	875,63	690,25
Covide	706,24	667,76
São Bento da Porta Aberta	821,64	745,22
Cibões	780,15	631,34
Portela do Homem	722,15	687,68
Leonte	720,99	701,61
Xertelo	760,58	672,50
Pedra Bela	754,02	698,13
Ermida	835,42	725,61
Pincães	808,32	681,44
Salamonde	782,47	680,87
Sezelhe	715,50	597,17
Outeiro	737,05	611,00
Paradela do Rio	740,28	618,91
Viade	727,45	627,37
Vila da Ponte	761,68	622,75
Telhado	706,07	571,79
Venda Nova	766,45	656,40
Gralhós	733,89	535,77
São Vicente Chã	661,17	553,27
Ucha	881,19	663,70
Turiz	879,27	697,26
Zebral	735,95	688,31
Penedo	792,34	718,15
Salto	744,46	633,92
Póvoa da Varzim	881,65	617,38
Calvelo	845,48	687,59
Póvoa do Lanhoso	869,22	661,96
Seixas	813,94	709,86
Tamel	846,47	711,07
Viatodos	877,15	686,08
Vilaça	865,65	676,32

No Quadro 6 apresentam-se os valores de ETP e ETR estimados para as 35 estações climatológicas consideradas no presente estudo.

A espacialização dos valores de ETR para a área em estudo resultou da aplicação do método de interpolação de kriging e encontra-se representada no mapa da Figura 10.

A aplicação deste método permitiu gerar um mapa de isovalores de evapotranspiração real média para a região através de um algoritmo de interpolação simples que teve por base os valores pontuais relativos a cada estação climatológica assim como as distâncias relativas entre as mesmas.

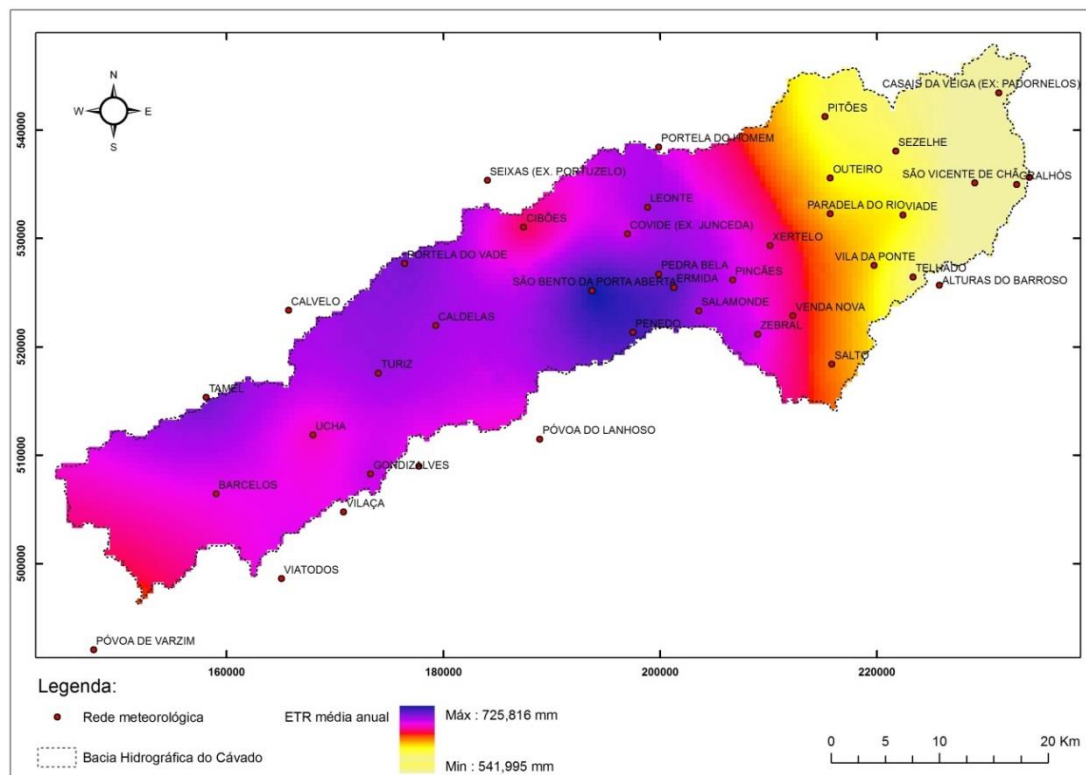


Figura 10: Mapa representativo da distribuição dos valores de evapotranspiração real média anual da região em estudo.

No que concerne à distribuição dos valores de ETR na região em análise (Figura 10), verifica-se uma tendência maioritariamente crescente de SW para NE até à região da Serra do Gerês, estimando-se um valor máximo da ordem dos 745 mm para a estação de São Bento da Porta Aberta. Para NE desta região verifica-se um decréscimo acentuado dos valores de ETR estimados, sendo atingido um valor mínimo de aproximadamente 541 mm.

IV.1.3. Recarga

A infiltração é o movimento da água para o interior do solo, marcado pela ação da gravidade e pelo potencial capilar. Durante um período de precipitação intensa, o solo pode absorver água, até um certo valor de intensidade de precipitação. A partir desse valor de saturação do solo, a água não se infiltra, e inicia-se o escoamento superficial. O valor máximo de precipitação que o solo pode absorver sem se iniciar o escoamento superficial denomina-se por capacidade de infiltração do solo. A capacidade de infiltração, tal como a intensidade da precipitação, mede-se usualmente em mm/h.

Quando a água atinge a superfície do solo, parte dela, ou toda, infiltra-se, quer por força da gravidade, tanto mais facilmente quanto maior for o diâmetro dos poros, quer por efeito de capilaridade, que se faz sentir tanto mais quanto menores forem os poros.

A infiltração envolve três processos interdependentes: a entrada através da superfície do solo; o armazenamento no solo; e o movimento através do solo (percolação e drenagem).

O volume de água que alcança a zona saturada denomina-se usualmente por infiltração eficaz, recarga natural ou recarga aquífera. Neste sentido entende-se por recarga natural o volume de água que atinge a zona saturada durante um dado período de tempo, devido à infiltração de água proveniente da precipitação ou de um curso de água.

Sazonalmente ocorrem períodos de precipitação mais ou menos intensa que, quando persistente, origina infiltração de água no solo. Dessa porção de água que penetra no solo alguma é devolvida à atmosfera através de evapotranspiração desenvolvida pelas plantas, outra fica retida na estrutura do solo e uma outra parte infiltra-se em profundidade atingindo os aquíferos – Infiltração eficaz.

Existem vários métodos para o cálculo da infiltração eficaz ou recarga aquífera sendo o método do balanço hídrico sequencial diário um método empírico de frequente utilização. Este método consiste em recolher dados de precipitação e de evapotranspiração diários e calcular a escorrência superficial tendo em conta o tipo de solo.

A referida metodologia baseia-se na fórmula empírica do Soil Conservation Service (Wanielista, 1990).

$$P_0 = \frac{5080}{N} \times 50,8 \quad (7)$$

P_0 – perdas iniciais;

N – número de escoamento.

Quando a precipitação diária é igual ou inferior ao valor de P_0 , não ocorre escoamento superficial; em caso contrário ele é determinado pela fórmula:

$$Q_p = \frac{25,4 \left(\frac{P}{25,4} - \frac{200}{N} + 2 \right)^2}{\frac{P}{25,4} + \frac{800}{N} - 8} \quad (8)$$

Q_p – escoência superficial direta (mm);

P – precipitação diária (mm).

A recarga ou infiltração profunda calcula-se então pela equação:

$$R_p = P - ETR - Q_p \pm \Delta A_s \quad (9)$$

R_p – infiltração (mm);

ETR – evapotranspiração real (mm);

Q_p – escoência superficial (mm).

ΔA_s - variação do armazenamento de água no solo (mm).

Para a determinação dos números de escoamento (N) procedeu-se à consulta da tabela dos números de escoamento para diferentes tipos e utilizações do solo definidos pelo Soil Conservation Service dos EUA representada no Quadro 7.

Quadro 7: Números de escoamento para os vários tipos e utilizações do solo, segundo Soil Conservation Service dos EUA; (Grupo hidrológico do solo: A - *Baixo potencial de escoamento superficial*; B - *Potencial de escoamento superficial abaixo da média*; C - *Potencial de escoamento superficial acima da média*; D - *Elevado potencial de escoamento superficial*) (fonte: Lencastre e Franco, 1992).

Utilização ou cobertura do solo		Grupo hidrológico do solo			
		A	B	C	D
Terras lavradas:	<i>não cultivadas</i>	72	81	88	91
	<i>cultivadas</i>	62	71	78	81
Pastagens:	<i>pobres</i>	68	79	86	89
	<i>boas</i>	39	61	74	80
Prados em boas condições		30	58	71	78
Florestas:	<i>pouco densas</i>	45	66	77	83
	<i>densas</i>	25	55	70	77
Espaços abertos, relvados, campos de golfe, cemitérios:					
<i>- em boas condições: cobertura com 75% ou mais de relva</i>		39	61	74	80
<i>- fracas condições: cobertura com 50% a 75% de relva</i>		49	69	79	84
Áreas comerciais (85% de impermeabilização)		89	92	94	95
Zonas industriais (72% de impermeabilização)		81	88	91	93
Áreas residenciais:					
Tamanho dos lotes (média) (m ²)	Imperm. (média) (%)				
500	65	77	85	90	92

1000	38	61	75	83	87
1250	30	57	72	81	86
2000	25	54	70	80	85
4000	20	51	68	79	84
Lotes de parques pavimentados, telhados, passeios, etc.	98	98	98	98	98
Ruas, estradas:					
- pavimentadas, com sarjetas e coletores	98	98	98	98	98
- empedradas	76	85	89	91	91
- terra batida	72	82	87	89	89

Através do método do Balanço Sequencial Hídrico Diário descrito anteriormente foi possível calcular os valores de recarga com base nos dados das estações meteorológicas consideradas. Utilizaram-se dados de precipitação diária para três anos hidrológicos consecutivos, em cada estação e procedendo-se à determinação do valor de recarga anual utilizando uma folha de cálculo.

Quadro 8: Valores resultados do balanço sequencial hídrico efetuado com base nos dados referentes às estações meteorológicas consideradas.

	Ano 1		Ano 2		Ano 3	
Estação	Recarga (%)	Recarga (mm)	Recarga (%)	Recarga (mm)	Recarga (%)	Recarga (mm)
Pitões	35	532,09	41	876,42	32	367,85
Casais da Veiga	45	503,46	29	411,58	39	595,74
Portela do Vade	30	520,53	33	1061,57	29	488,15
Caldelas	18	210,39	33	378,45	41	1255,30
Covide	36	1155,69	31	537,44	30	688,85
São Bento da Porta Aberta	33	1249,56	28	507,76	31	701,36
Cibões	36	953,69	34	536,81	38	1172,62
Portela do Homem	36	707,88	34	1021,60	19	397,25
Leonte	35	1236,23	32	594,32	34	645,06
Xertelo	37	1035,77	27	418,03	33	490,96
Pedra Bela	37	1212,04	32	538,70	34	626,05
Ermida	36	1055,23	28	433,32	32	474,09
Pincães	36	955,21	27	414,19	34	453,93
Salamonde	22	369,64	33	419,51	39	1490,76
Sezelhe	43	659,00	40	655,90	23	256,79
Outeiro	45	1160,28	30	431,81	34	582,55

Paradela do Rio	41	1069,03	30	382,08	33	531,46
Viade	30	367,41	4	28,53	33	321,00
Vila da Ponte	28	353,35	29	565,84	36	608,06
Telhado	27	196,24	41	566,42	37	592,79
Venda Nova	24	213,94	35	741,88	37	681,80
Gralhós	36	1153,31	29	531,73	32	657,75
São Vicente Chã	41	713,78	41	749,69	42	659,69
Ucha	36	698,85	16	238,85	36	366,55
Turiz	36	829,32	20	260,84	35	365,04
Zebral	36	1141,55	28	525,37	32	646,27
Penedo	36	1104,72	28	600,81	33	613,15
Salto	20	272,30	28	398,03	38	640,55
Póvoa da Varzim	35	570,28	6	72,81	26	209,43

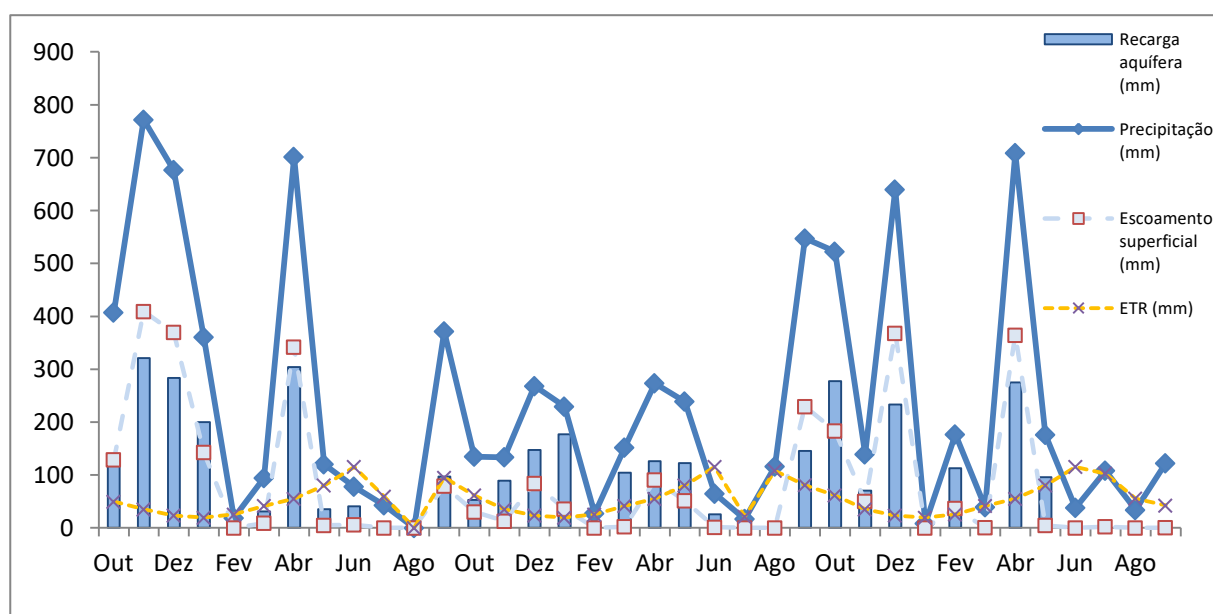


Figura 11: Resultados do balanço sequencial diário efetuado com dados da estação de São Bento da Porta Aberta, para os anos de 1997 a 2000.

Quadro 9: Valores de recarga aquífera para as estações meteorológicas consideradas.

Estação	Recarga (%)	Precipitação média anual	Recarga anual
---------	-------------	--------------------------	---------------

		(mm)	(mm)
Pitões	36	1775,29	724,80
Casais da Veiga	38	1463,45	595,67
Portela do Vade	31	2279,34	706,60
Caldelas	35	1689,25	591,24
Covide	32	2625,64	840,20
São Bento da Porta Aberta	41	2785,86	1142,21
Cibões	36	2297,72	827,18
Portela do Homem	30	2821,76	846,53
Leonte	34	2887,95	981,90
Xertelo	32	2088,55	668,34
Pedra Bela	34	2430,58	826,40
Ermida	32	2275,17	728,05
Pincães	32	2013,32	644,26
Salamonde	31	2079,45	644,63
Sezelhe	35	1712,62	599,42
Outeiro	36	2037,33	733,44
Paradela do Rio	35	1863,01	652,05
Viade	30	2114,35	634,31
Vila da Ponte	31	1940,09	601,43
Telhado	35	1627,42	569,60
Venda Nova	32	2129,54	681,45
Gralhós	32	1390,07	444,82
São Vicente Chã	41	1423,50	583,64
Ucha	36	1483,56	534,08
Turiz	30	1644,57	493,37
Zebral	32	2625,05	840,02
Penedo	32	2514,74	804,72
Salto	29	1927,27	558,91
Póvoa da Varzim	30	1203,05	565,53

A espacialização dos valores de recarga para a totalidade da área resultou da aplicação do método de interpolação de kriging e encontra-se representada no mapa da Figura 12.

O método de estimativa geostatística ou de Kriging é aplicado sob a premissa de que os dados pontuais relativos a uma variável (denominada por variável regionalizada) se encontram correlacionados no espaço. A aplicação deste método permitiu gerar um mapa de isovalores de recarga anual para a região através de um algoritmo de interpolação simples que teve apenas por base os valores pontuais de recarga aquífera relativos a cada estação assim como as distâncias relativas entre as mesmas.

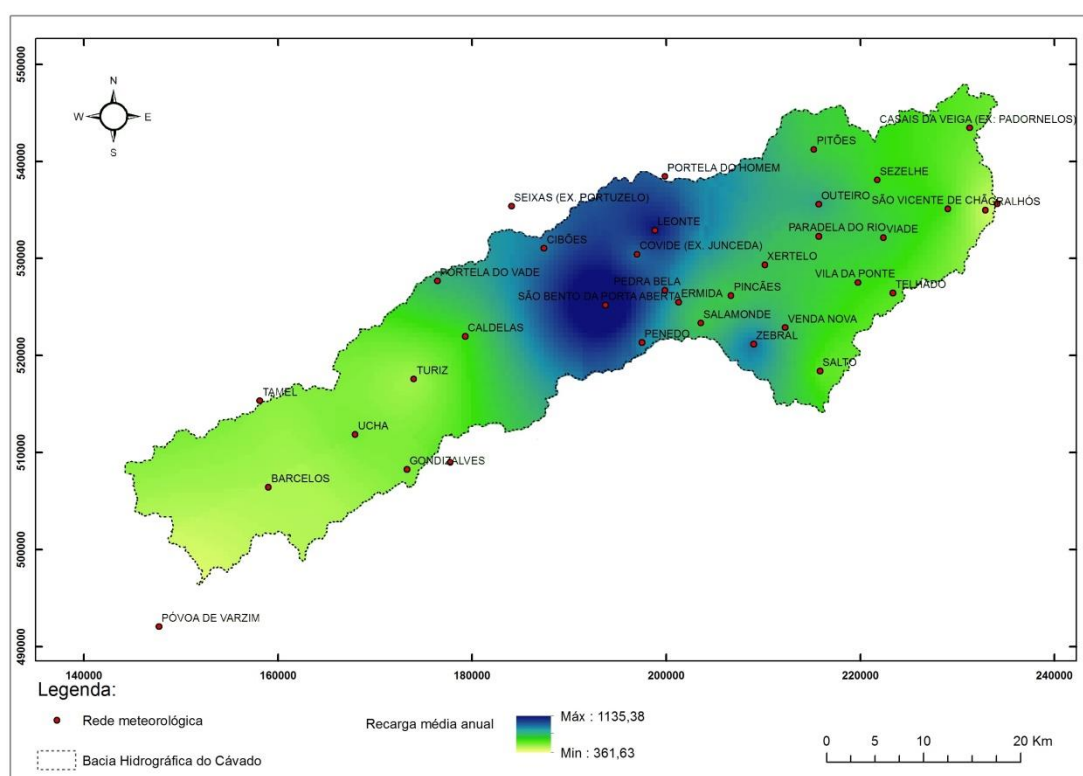


Figura 12: Mapa representativo da distribuição dos valores recarga média anual para a região em estudo.

No que concerne a distribuição dos valores de infiltração estimados para a área em estudo (Figura 12), verifica-se um aumento dos valores de infiltração de SW para NE até à região da serra da Peneda-Gerês, atingindo-se nesta região o valor máximo de 1135mm, havendo de novo decréscimo destes valores até à região transmontana, para a qual se estimou um valor mínimo de aproximadamente 361 mm.

Quadro 10: Classificação dos valores de infiltração obtidos para a bacia hidrográfica do Cávado.

Recarga	Valor
<500	1
500 - 600	2
600- 800	3
800- 900	4
> 900	5

Tendo em conta o objetivo de delimitar áreas de recarga com base no tratamento de informação geográfica, com recurso à análise multicritério em SIG, os valores de recarga estimados foram agrupados em cinco classes às quais se atribuiu uma ordenação (Quadro 10) que oscila entre 1 (recarga anual reduzida) e 5 (recarga anual elevada).

No mapa da Figura 13 encontra-se representada a distribuição das classes de recarga para a área em estudo, evidenciando-se a região da Serra da Peneda-Gerês que se encontra nas classes mais elevadas.

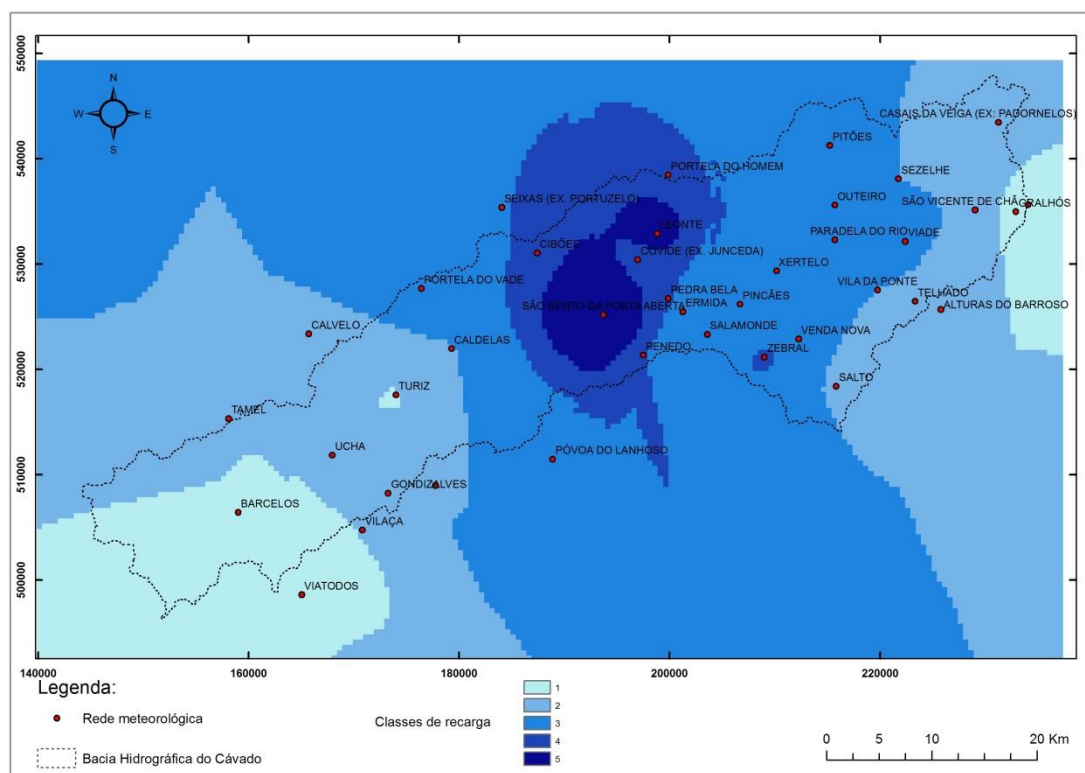


Figura 13: Mapa da distribuição das classes de recarga para a área em estudo.

IV.3. Capacidade de infiltração do solo

O solo é o resultado de trocas físicas e químicas e da atividade orgânica sobre as rochas ao longo do tempo. Num corte vertical ou perfil de solo distinguem-se sucessivas camadas denominadas horizontes (Figura 14). A alteração de uma rocha mãe C gera uma camada composta apenas por matéria orgânica. À medida que esta se vai acumulando forma-se o horizonte A, geralmente de tonalidade escura e, com o tempo, empobrecido pela ação da água. O horizonte B surge abaixo do A como depósito das substâncias arrastadas pela água do horizonte superior. Naturalmente que o processo anteriormente descrito pode sofrer importantes alterações se, por exemplo, em zonas de elevada evaporação se produzir uma inversão da disposição dos horizontes, formando-se o B sobre o A. Também pode ocorrer que os horizontes A e B não procedam da rocha mãe C. Neste caso formar-se-á um novo horizonte D de material proveniente da rocha mãe abaixo do horizonte B. Em geral o horizonte A é mais permeável que o B, uma vez que neste se acumulam argilas que cimentam os materiais mais grosseiros (Custodio & Llamas, 1986).

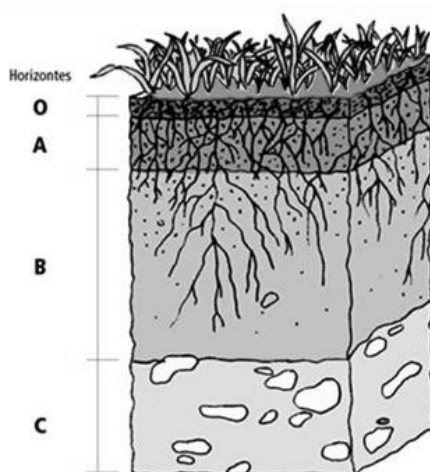


Figura 14: Perfil de solo.

Denomina-se por infiltração o processo através do qual a água penetra no solo e permanece retida na sua estrutura ou alcança o nível aquífero.

Superada a capacidade de campo do solo, a água desce por ação conjunta das forças capilares e da gravidade. Este processo recebe distintas denominações: percolação (Davis e De Wiest, 1966; Eagleson, 1970; Ward, 1967), infiltração eficaz (Castany, 1963), infiltração profunda, etc.

Horton (1933) denomina capacidade de infiltração de um solo a quantidade máxima de água que este pode absorver por unidade de tempo, e segundo condições previamente definidas. A relação entre intensidade da chuva e a capacidade de infiltração será o que determina que quantidade de água penetra no solo e que porção dará origem a

escorrência superficial. Esta capacidade de infiltração vai decrescendo com o tempo a partir de um máximo no início da chuva e depois de alguma flutuação.

Para que a água se infiltre deve entrar através da superfície do terreno e circular através do mesmo. Existem diversos fatores que influenciam este processo, dos quais se destacam (Custodio & Llamas, 1986):

- a) *Características do terreno* – A capacidade de infiltração varia diretamente com a porosidade e com o tamanho das partículas do solo. A existência de poros de grande dimensão reduz a tensão capilar mas favorece diretamente a entrada de água. Os sucessivos horizontes de um perfil de solo possuem distintas capacidades de infiltração. O horizonte A é, geralmente, bastante mais permeável que o B e este menos que o D.
- b) *Condições da superfície do terreno* – A compactação natural, ou devida a circulação, dificulta a entrada de água no solo, reduzindo assim a sua capacidade de infiltração. Uma superfície desprovida de cobertura vegetal encontra-se exposta ao impacto direto da água da chuva, o que também dá lugar a compactação e conseqüente diminuição da capacidade de infiltração do solo. Quando o solo se encontra coberto por vegetação as plantas previnem a compactação por impacto da precipitação, sendo abrandada a escorrência superficial da água e aumentando a probabilidade de infiltração, acrescendo-se que as raízes das plantas abrem fissuras no solo que facilitam a entrada da água.

Tendo em consideração o exposto na presente análise ponderaram-se os fatores tipo de solo (particularmente os seus aspetos texturais) e ocupação do solo, de modo a considerar as condições da superfície do terreno da área em estudo, como condicionantes do processo de infiltração de água no solo.

IV.3.1. Tipo de solos

No presente capítulo encontra-se apresentada uma análise das características dos solos da bacia hidrográfica do Cávado, particularmente os seus aspetos texturais, com o objetivo de ponderar a capacidade de infiltração dos mesmos, tendo sido elaborada com base na cartografia de solos da região.

Um solo pode definir-se como um conjunto heterogéneo de fragmentos de matéria inorgânica de várias dimensões e diferente composição mineralógica, bem como matéria orgânica, ar e água.

A fração mineral de maiores dimensões composta de produtos de desagregação das rochas forma o esqueleto do solo. Entre estas partículas há materiais mais finos, tais como argilas, óxidos de ferro e produtos de decomposição orgânica, que revestem com uma fina camada os grãos que constituem o esqueleto do solo e estabelecem as ligações

entre eles. A este arranjo chama-se estrutura do solo, e cada elemento é chamado pedo ou agregado estrutural.

A textura do solo está relacionada com a distribuição das dimensões das partículas. A percentagem em que cada um dos elementos de areia, silte e argila entram na composição do solo define as classes de textura, para as quais o Departamento de Agricultura dos E.U.A. definiu uma classificação, que se encontra representada no diagrama da Figura 15.

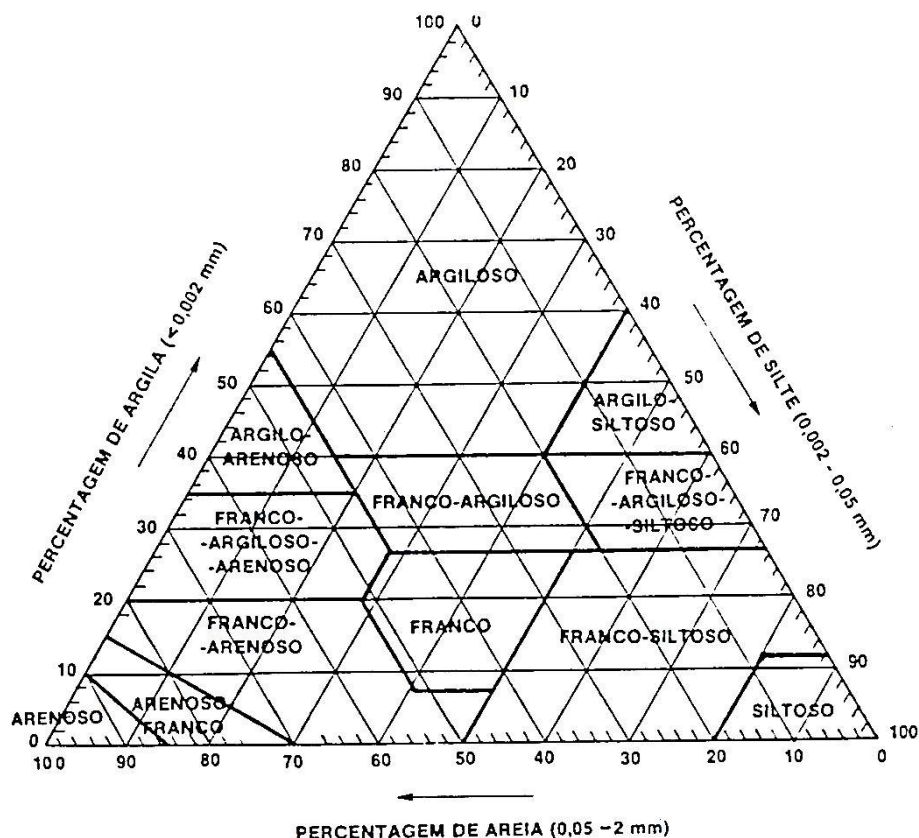


Figura 15: Diagrama da textura do solo (Fonte: J. Botelho Costa, 1979)

Os solos da bacia hidrográfica do Cávado podem agrupar-se nas seguintes classes: Antrossolos, Leptossolos, Fluvisolos, Arenossolos, Regossolos e Cambissolos.

Seguidamente efetuou-se uma caracterização sucinta dos vários tipos de solos da área em estudo, e particularmente das unidades pedológicas aflorantes, tendo como base a notícia explicativa da carta de solos da região entre Douro e Minho, apresentada no Anexo 3.

Na bacia hidrográfica do Cávado os Leptossolos úmbricos constituem a unidade pedológica predominante onde ocupam uma extensa mancha que abarca a região Este da bacia, desde Montalegre até à Serra da Peneda Gerês (Figura 16). Na região central da bacia encontram-se representados os Regossolos dístricos, constituindo uma mancha considerável que atravessa diversas áreas dos concelhos de Terras de Bouro, Amares e

Vieira do Minho. Os Fluvissolos encontram-se associados a troços das principais linhas de água da região e os Arenossolos a uma estreita faixa localizada no litoral, coincidindo com as formações dunares aí existentes. Na região ocidental da bacia são predominantes os Antrossolos cumúlicos, tratando-se de solos alterados essencialmente pela atividade agrícola, sendo no entanto de assinalar também a existência de importantes manchas relativas a Regossolos e Leptossolos. Os Cambissolos encontram-se localizados em áreas pertencentes ao litoral bem como ao sector oriental da bacia mais especificamente em diversas manchas situadas no concelho de Montalegre.

Seguidamente efetuou-se uma classificação dos solos da bacia hidrográfica do Cávado quanto à sua capacidade de infiltração (Quadro 12), tendo sido atribuídos valores que oscilam entre 1 (solos com reduzida capacidade de infiltração) e 5 (solos com muito elevada capacidade de infiltração).

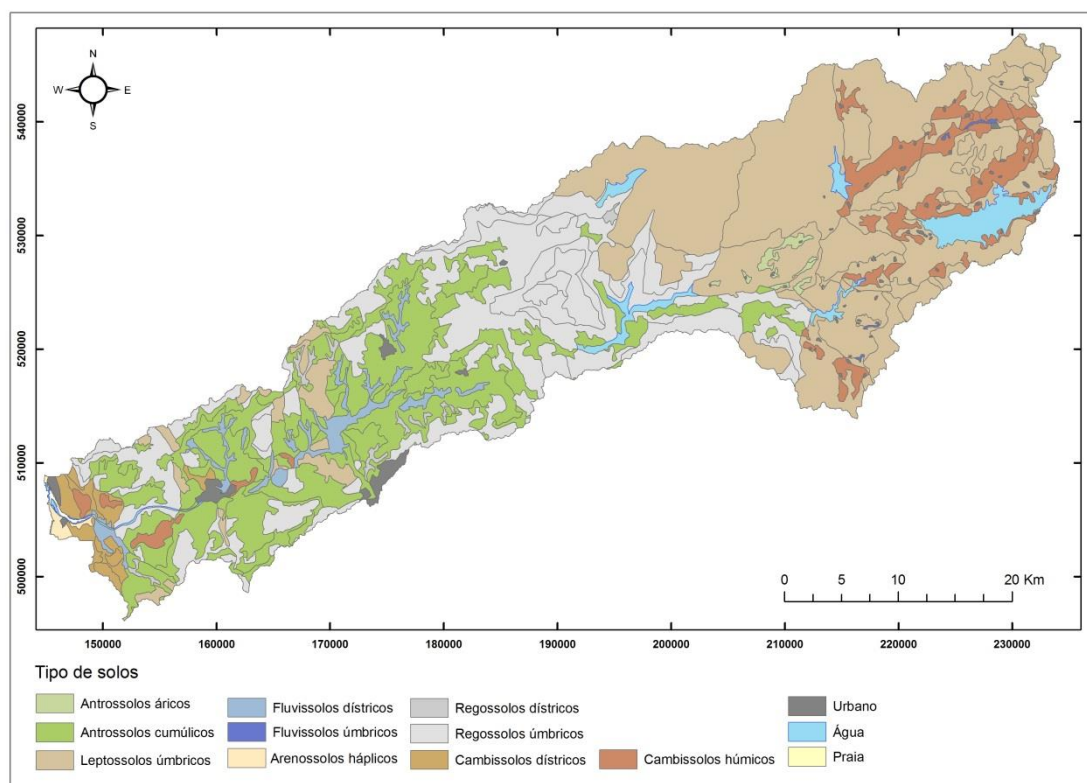


Figura 16: Carta de solos da bacia hidrográfica do Cávado.

No Quadro 11 encontram-se sintetizadas as principais características das várias classes de solos e unidades pedológicas que ocorrem na região em estudo, dando-se especial ênfase às características texturais que apresentam e à espessura dos vários horizontes que as constituem. Esta análise serviu de base para a classificação das unidades pedológicas existentes na região quanto à sua capacidade de infiltração (Quadro 12).

Quadro 11: Quadro síntese das características dos solos aflorantes na Bacia hidrográfica do Cávado.

Nome	Caracterização			
	A	B	C	R
1. Antrossolos	<i>Solos que, pela atividade humana, sofreram modificação profunda por soterramento dos horizontes originais do solo.</i>			
<i>Antrossolos áricos dístricos em xistos</i>	Ap: 20/60 cm, F,F-L ou F-A.	Horizonte de mistura A/C ou A/B.	C: 60/140 cm, F-A e material grosseiro.	-
<i>Antrossolos áricos dístricos em granitos</i>	Ap: 20/60 cm, F-A ou F.	Horizonte de mistura A/C (ou A/B) até 60/120 cm.	C: 60/150 cm, A-F e/ou saibrento-cascalhento	-
<i>Antrossolos cumúlicos dístricos em xistos</i>	Ap: 20/30 cm, F,F-L ou F-A.	-	C: F, F-L ou F-A.	2C, 2CR: perfil soterrado, material de alteração da rocha xistenta ou material coluvionar, a mais 50 cm de profundidade.
<i>Antrossolos cumúlicos dístricos em granitos</i>	Ap: 20/35 cm, F-A ou F.	-	C: F ou F-A.	2C, 2CR: perfil soterrado, material de alteração da rocha granítica ou material coluvionar.
2. Leptossolos	<i>São solos limitados em profundidade, até 30 cm, por rocha contínua e dura.</i>			
<i>Leptossolos úmbricos de granitos e rochas afins</i>	A: F-A, F ou F-L.	-	-	-
<i>Leptossolos úmbricos de xistos e rochas afins</i>	A: A-F ou F-A.	-	-	-
3. FluviSSolos	<i>São solos que apresentam propriedades flúvicas.</i>			
<i>FluviSSolos dístricos medianos de aluviões</i>	A: F, F-L ou F-A, com 15/30 cm.	-	A: F, F-L ou F-A, sem características hidromórficas a menos dos 100 cm.	
<i>FluviSSolos úmbricos de aluviões</i>				
4. Arenossolos	<i>Solos com textura mais grosseira que franco-arenosa.</i>			
<i>Arenossolos háplicos</i>	A: A ou A-F com menos de 10 cm de espessura.		C: A e espesso até mais de 100/150 cm.	
5. Regossolos	<i>Solos de materiais não consolidados.</i>			
<i>Regossolos dístricos delgados</i>	A: F-A, F ou A-F com 10/30 cm.		C: F-A, F ou A-F com muito material grosseiro.	R: Rocha
<i>Regossolos dístricos espessos</i>	A: F-A, F ou A-F com 10/50 cm.		C: F-A, F ou A-F ou F-L com 50/150 cm. Ou 2C: rocha detrítica pouco consolidada (pré-conglomerado).	R ou 2R: rocha dura ou contínua.
<i>Regossolos úmbricos delgados</i>	A: F, F-A ou A-F		C: Material grosseiro e	R: rocha dura e contínua a

	com 20/50 cm.		duro.	mais de 30 cm de profundidade.
<i>Regossolos úmbricos espessos</i>	A: F -A, A-F ou F, com 20/75 cm.		C: Material grosseiro e duro.	R: rocha dura e contínua a mais de 50 cm de profundidade.
6. Cambissolos	<i>Solos que possuem horizonte B câmbico.</i>			
<i>Cambissolos dístricos crômicos de sedimentos detríticos</i>	A: F, F -A ou F-Ag-A com algum material grosseiro 15/30 cm.	B: câmbico F -A ou F com algum material grosseiro 50/110 cm.	C: geralmente cascalhento, F-A ou A-F, de 120 ou mais 150cm.	R: substrato rochoso a partir dos 120/180 cm.
<i>Cambissolos húmicos crômicos de granitos e rochas afins</i>	A: com 20/30 cm F -A.	B: câmbico até 60/120 cm, crômico, F-A.	C: té 125/160 cm, A-F e/ou rocha desagregada em material saibrento.	R: rocha dura e compacta abaixo dos 125 cm.
<i>Cambissolos húmicos crômicos de xistos e rochas afins</i>	A: com 20/30 cm, F ou F -A.	B: câmbico até 40/80 cm, crômico, F, F-L ou F-A.	C: constituído por material da desagregação da rocha subjacente.	R: rocha dura e contínua.

Considerou-se que os Arenossolos, por constituírem solos com textura mais grosseira que franco-arenosa, possuem características que favorecem o processo de infiltração, tendo-lhes sido atribuída a classificação máxima. Às unidades pedológicas incluídas na classe dos Fluvissolos foi igualmente atribuído valor 5, tendo em consideração que se trata de solos desenvolvidos em formações aluvionares existentes na dependência das principais linhas de água da região, que frequentemente apresentam textura franco-arenosa.

Quadro 12: Classificação dos solos existentes na bacia hidrográfica do Cávado quanto à sua capacidade de infiltração.

Classe solos	Classe solos	Valor
Antrossolos	Antrossolos áricos dístricos em xistos	4
	Antrossolos áricos dístricos em granitos	4
	Antrossolos cumúlicos dístricos em xistos	4
	Antrossolos cumúlicos dístricos em granitos	4
Leptossolos	Leptossolos úmbricos de xistos e rochas afins	1
	Leptossolos úmbricos de granitos e rochas afins	1
Fluvissolos	Fluvissolos dístricos médios de aluviões	5
	Fluvissolos úmbricos de aluviões	5
Arenossolos	Arenossolos háplicos	5
Regossolos	Regossolos dístricos delgados	2
	Regossolos dístricos espessos	3
	Regossolos úmbricos delgados	2
	Regossolos úmbricos espessos	3
Cambissolos	Cambissolos dístricos crômicos de sedimentos detríticos	4
	Cambissolos húmicos crômicos de granitos e rochas afins	4
	Cambissolos húmicos crômicos de xistos e rochas afins	4
Urbano	Urbano	1
Praia	Praia	5

Às unidades pedológicas pertencentes à classe dos Antrossolos, considerando tratar-se de solos evoluídos, embora sujeitos a alterações provocadas pela atividade humana, e cujos horizontes apresentam textura franca a franco-arenosa, conferiu-se classificação 4.

Às unidades pedológicas pertencentes à classe dos Cambissolos atribuiu-se igualmente valor 4, uma vez que constituem solos evoluídos cujos horizontes possuem textura franca a franco-arenosa.

Os Regossolos, por constituírem solos pouco evoluídos formados por materiais não consolidados, foram avaliados tendo em conta as características texturais dos vários horizontes assim como a sua espessura, tendo-se classificado as unidades pedológicas de maior espessura com o valor 3 e as restantes, mais delgadas, com valor 2.

Os Leptossolos, por constituírem solos de reduzida espessura, apresentam uma reduzida capacidade de infiltração, tendo-lhes sido atribuída a classificação mais baixa.

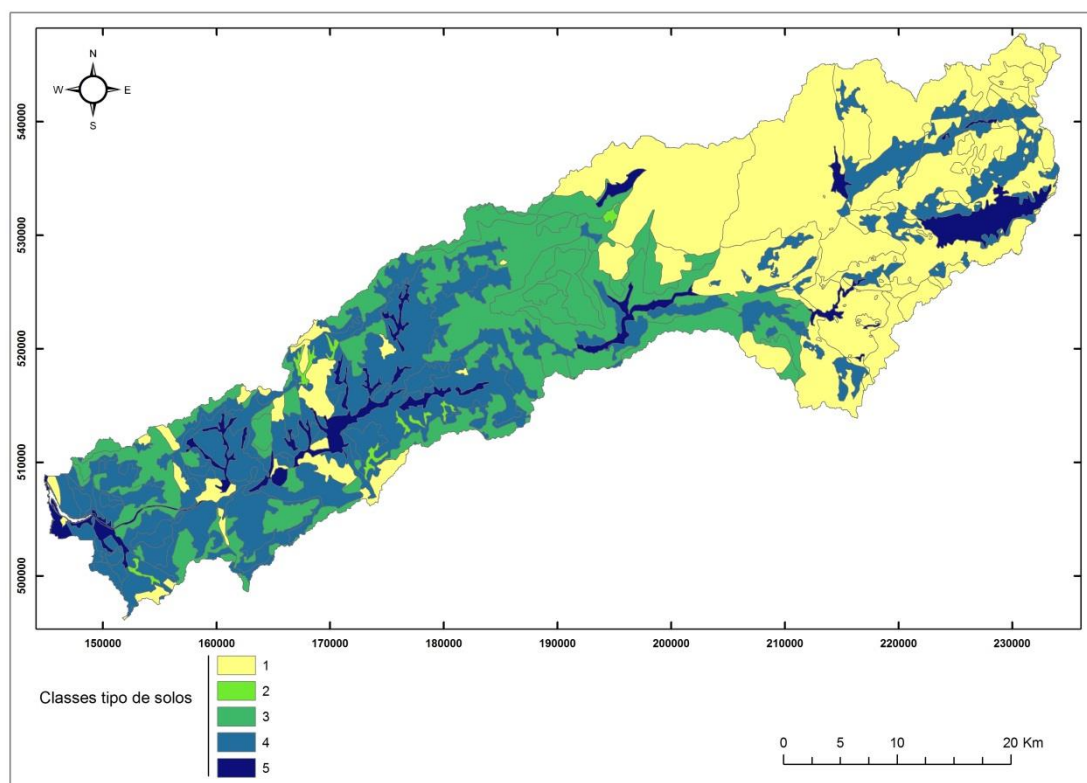


Figura 17: Mapa representativo da atribuição de classes de acordo com o tipo de solos da bacia hidrográfica do Cávado.

Através da análise efetuada pode concluir-se que a área em estudo se encontra dividida em três grandes zonas relativamente à capacidade de infiltração dos solos (Figura 17). Verifica-se que a nordeste predominam os solos classificados como de reduzida capacidade de infiltração, na região central da bacia predominam os solos com moderada capacidade de infiltração e na zona sudoeste, embora se verifique alguma heterogeneidade, são mais frequentes os solos com elevada capacidade de infiltração.

Os solos com muito elevada capacidade de infiltração encontram-se confinados, como referido anteriormente, às formações sedimentares que ocorrem na bacia.

IV.3.2 Ocupação do solo

Neste capítulo apresenta-se uma análise da ocupação do solo da área em estudo, de modo a considerar as características da superfície do terreno, como condicionantes do processo de infiltração de água no solo.

A ocupação da superfície do terreno condiciona consideravelmente o processo de infiltração de água no solo. A compactação natural, ou devida a circulação, dificulta a entrada de água no solo, reduzindo assim a sua capacidade de infiltração. Uma superfície desprovida de cobertura vegetal encontra-se exposta ao impacto direto da água da chuva, o que também dá lugar a compactação e consequente diminuição da capacidade de infiltração do solo, predominando deste modo o escoamento superficial. Quando o solo se encontra coberto por vegetação as plantas previnem a compactação causada pelo impacto da precipitação, sendo abrandada a escorrência superficial e aumentando a probabilidade de infiltração, crescendo-se que as raízes das plantas abrem fissuras no solo que facilitam a entrada e percolação de água.

Com base nas referidas premissas foi elaborada a classificação do fator ocupação do solo para a área em estudo ordenando as classes de acordo com o seu maior ou menor contributo para o processo de infiltração de água no solo. Como auxílio à referida análise foi consultada a tabela dos números de escoamento para diferentes tipos e utilizações do solo definidos pelo Soil Conservation Service dos EUA (Quadro 7) considerando que quando se encontra favorecido o processo de escorrência superficial a capacidade de infiltração do solo será consequentemente menor.

A análise efetuada teve por base as cartas de ocupação do solo CORINE Land Cover para o ano de 2006, constatando-se que a ocupação do solo da bacia hidrográfica do Cávado (Figura 18) se encontra essencialmente marcada pela presença de quatro tipologias:

- a) Florestas abertas com vegetação arbustiva e herbácea que ocupam um total de 39771,16 ha, correspondendo a cerca de 25 % da área total da bacia;
- b) Áreas agrícolas heterogêneas que ocupam uma área de 38266,66 ha, o que corresponde a cerca de 24 % da área total;
- c) As florestas, que incluem as florestas de folhosas, as florestas de resinosas e as mistas, ocupam uma área de certa 32356,65 ha, representando 20,33 % da área total;
- d) Zonas descobertas e com pouca vegetação, que correspondem essencialmente a áreas que apresentam rocha nua ou vegetação esparsa, e que ocupam cerca 24904,3 ha, correspondentes a 15,65% da área total.

As áreas cuja ocupação confere maior impermeabilidade ao solo encontram-se associadas ao tecido urbano das zonas de maior concentração habitacional e ocupam cerca de 4,38 % do total da área da bacia hidrográfica do Cávado.

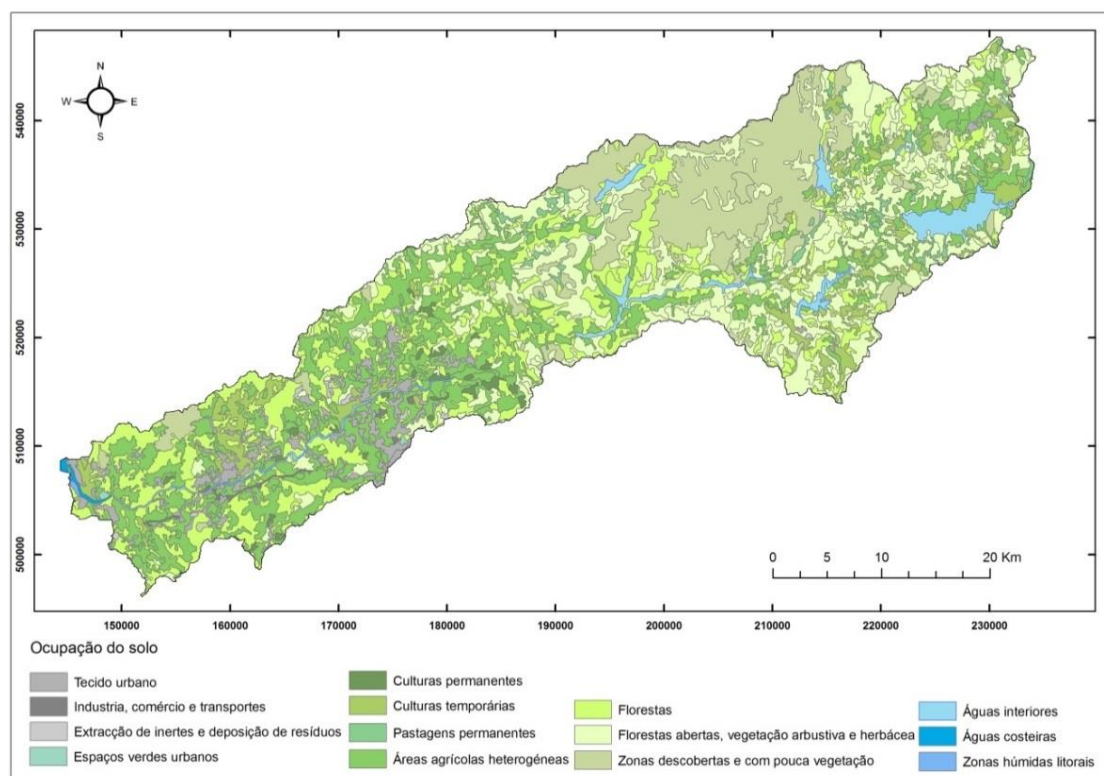


Figura 18: Carta da ocupação de solos da bacia hidrográfica do Cávado (Fonte: CORINE Land Cover, 2006).

Assim, tendo em conta o objetivo de delimitar áreas de recarga, com recurso à análise multicritério em SIG, às várias classes de ocupação do solo foi atribuída uma ordenação (Quadro 13) que oscila entre 1 (capacidade de infiltração reduzida) e 5 (capacidade de infiltração elevada).

Relativamente aos territórios artificializados, dada a impermeabilização que conferem à superfície do solo, foi atribuída a classificação menor.

Quadro 13: Ordenação das classes de ocupação dos solos da Bacia Hidrográfica do Cávado.

Classe ocupação de solos – Nível 1	Classe ocupação de solos – Nível 2	Classe ocupação de solos – Nível 3	Valor
Territórios artificializados	Tecido urbano	Tecido urbano contínuo	1
		Tecido urbano descontínuo	1
	Indústria, comércio e transportes	Indústria comércio e equipamentos gerais	1
		Redes viárias e ferroviárias	1
		espaços associados	1
	Áreas de extração de inertes, áreas de deposição de resíduos e estaleiros de construção	Aeroportos e aeródromos	1
		Áreas de extração de inertes	2
Áreas agrícolas e agro-florestais	Espaços verdes urbanos, equipamentos desportivos, culturais e de lazer, e zonas históricas	Áreas de deposição de resíduos	1
		Espaços verdes urbanos, equipamentos desportivos, culturais e de lazer, e zonas históricas	1
	Culturas temporárias	Culturas temporárias de sequeiro	4
		Culturas temporárias de regadio	4
	Culturas permanentes	Vinhas	3
	Pastagens permanentes	Pastagens permanentes	4
	Áreas agrícolas heterogêneas	Culturas temporárias e/ou pastagens associadas a culturas	4

Classe ocupação de solos – Nível 1	Classe ocupação de solos – Nível 2	Classe ocupação de solos – Nível 3	Valor
		permanentes	
		Sistemas culturais e parcelares complexos	4
		Agricultura com espaços naturais e semi-naturais	4
		Sistemas agro-florestais	4
Florestas e meios naturais e semi-naturais	Florestas	Florestas de folhosas	4
		Florestas de resinosas	4
		Florestas mistas	4
	Florestas abertas, vegetação arbustiva e herbácea	Vegetação herbácea natural	3
		Matos	3
		Florestas abertas, cortes e novas plantações	3
	Zonas descobertas e com pouca vegetação	Praias, dunas e areias	5
		Rocha nua	2
		Vegetação esparsa	3
		Áreas ardidas	3
Zonas húmidas	Zonas húmidas litorais	Sapais	5
Corpos de água	Águas interiores	Cursos de água	5
		Planos de água	5
	Águas marinhas e costeiras	Desembocaduras fluviais	1
		Oceano	1

Às áreas agrícolas e florestais, que se encontram dispersas por toda a bacia (Figura 19), foi atribuída classificação média a elevada considerando que as suas características favorecem o processo de infiltração de água no solo.

A classificação mais elevada foi atribuída às zonas húmidas e aos corpos de água, uma vez que a presença contínua de água à superfície do solo proporciona condições ótimas para a sua infiltração.

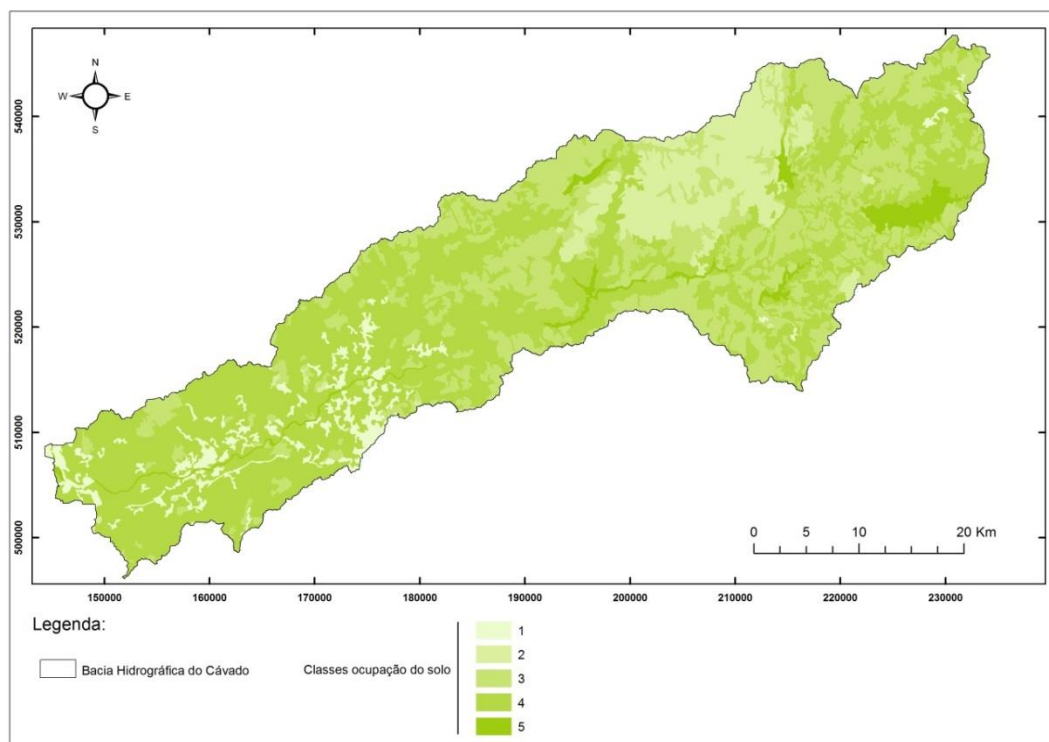


Figura 19: Mapa representativo da atribuição de classes de acordo com a ocupação do solo.

Na Figura 19 encontram-se representados os resultados da atribuição de classes de aptidão para infiltração de água em concordância com o tipo de ocupação do solo, verificando-se que mais de 70 % da área estudada se apresenta nas classes média a elevada, correspondentes a áreas agrícolas e florestais assim como a zonas húmidas e corpos de água

IV.4. Geologia

A constituição geológica da bacia hidrográfica do Cávado compreende essencialmente terrenos metamórficos, granitóides e depósitos sedimentares recentes. No entanto a característica mais notável da geologia da região é a natureza predominantemente granítica dos terrenos que a constituem e a disposição dos afloramentos dos diversos maciços graníticos segundo arcos com direção preferencial NW-SE. Tal facto está relacionado com a intrusão ter sido condicionada por fraturas profundas da crosta com aquela direção, como por exemplo o cisalhamento Vigo-Régua.

Neste contexto as características geológicas da região foram também consideradas como fator que importa considerar na medida em que a permeabilidade das diferentes litologias aflorantes condiciona a infiltração e percolação de água nos sistemas aquíferos. Dado que na região predominam os aquíferos fraturados, a ocorrência de fraturas e lineamentos foi outro dos critérios ponderados.

V.4.1. Litologias

A permeabilidade litológica desempenha um papel preponderante no processo de infiltração profunda daí que a análise das litologias que ocorrem na área em estudo constitua um dos critérios considerados. O tipo de rocha aflorante condiciona significativamente a infiltração profunda assim como a percolação de água na zona saturada. Assim foi tratada a informação incluída nas cartas geológicas às escalas 1:500 000 e 1:200 000 (Folha n.º1, 1989; Folha n.º2, 1992), e respetivas notícias explicativas, de modo a tratar e classificar as diferentes litologias em concordância com a sua permeabilidade característica.

As litologias da bacia hidrográfica do Cávado (Figura 20) podem agrupar-se nas seguintes unidades: Unidades Metassedimentares Autóctones, Unidades Metassedimentares Alóctones, Depósitos Sedimentares Cenozoicos, Rochas Granitoides e Rochas magmáticas e intrusivas (filões e massas).

Seguidamente efetuou-se uma caracterização sucinta das litologias aflorantes da área em estudo, tendo como base a notícia explicativa da Carta Geológica à escala 1:200 000:

1.Unidades Metassedimentares

1.a) Unidades Metassedimentares Autóctones

Grupo do Douro (Complexo Xisto-Grauváquico)

Do – Complexo Xisto-Grauváquico indiferenciado

Esta unidade está presente no antiforma Castelo de Neiva-Esposende e no domo de Póvoa de Varzim-Porto.

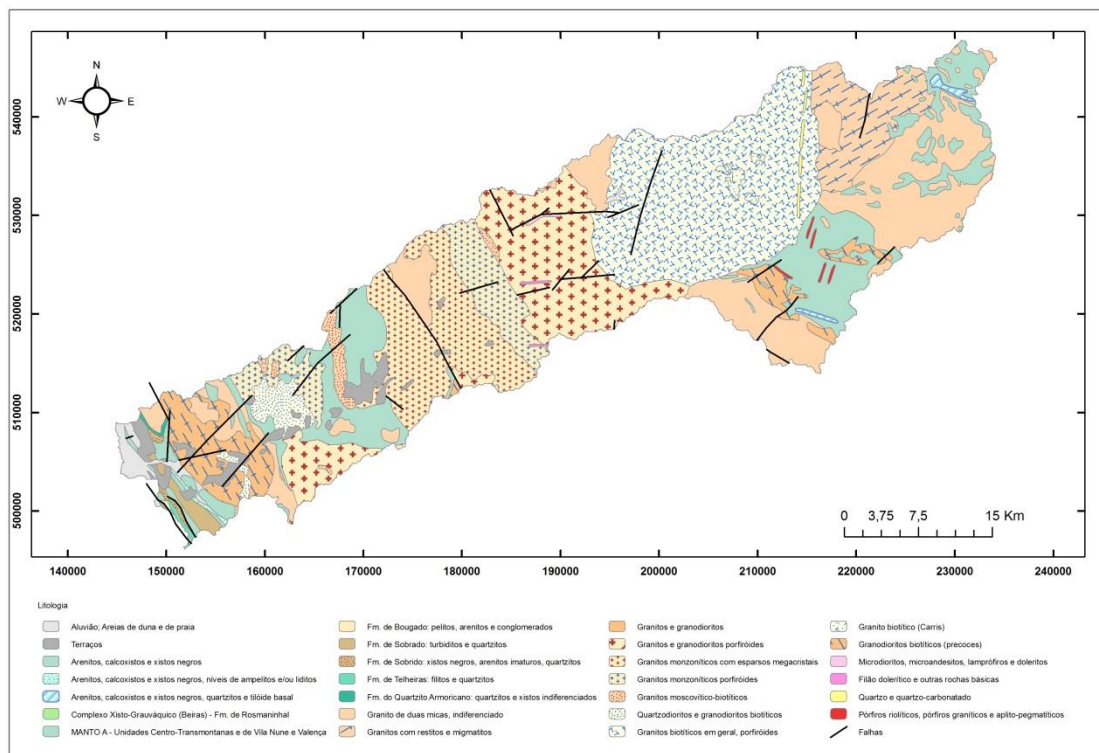


Figura 20: Carta geológica da bacia hidrográfica do Cávado (Fonte: Carta Geológica de Portugal à escala 1:500 000, Oliveira et. al. 1992 e Carta Geológica de Portugal à escala 1:200 000, Pereira et. al. 1992).

A oeste do Sulco Carbonífero do Douro distribui-se segundo faixas metassedimentares subparalelas com metamorfismo crescente, respectivamente, zona da biotite, zona da andaluzite, zona da estauroilite (distena) e zona da silimanite. Esta transita gradualmente para a zona de feldspato potássico que domina a faixa litoral entre Angeiras e Mindelo.

Das zonas de mais baixo grau, para as de mais alto grau de metamorfismo, encontram-se sempre níveis de xisto, grauvaques e quartzogruvaques com intercalações frequentes de rochas calcosilicatadas.

O_{QA} – Formação do Quartzito Armoricano

Esta formação é constituída essencialmente por quartzitos bem estratificados de espessura variável que alternam com xistos argilosos de diversas tonalidades, rosados cinzentos e negros, grafitosos. A matriz dos quartzitos, greso-pelítica, é igualmente variada, sendo predominante a componente pelítica nos termos inferiores e a componente siliciosa nos termos superiores da sequência.

O₅ – Formação de Sobrido

Em termos gerais a Formação de Sobrido é composta de dois membros. O inferior consta de espessa bancada de quartzitos, descontínua e bem representada no flanco oeste do antiforma de Valongo. Trata-se de uma barra quartzítica que perde progressivamente espessura no sentido norte. O membro inferior (com espessura de mais de 200 metros a norte de Campo) é formado, essencialmente, por grés argilosos ou grauvaques contendo, a vários níveis, materiais detríticos diversos, angulosos a sub-rolados, de dimensões variáveis e, ainda, concreções carbonatadas ricas em matéria orgânica, às vezes de grandes dimensões.

S₂ – Xistos Carbonosos

Litologicamente, a presente unidade é composta, na parte inferior, por xistos cinzentos onde ainda são frequentes níveis de ampelitos, liditos e ftanitos. Na parte superior da unidade os xistos assumem coloração variada, perdem matéria orgânica e tornam-se raiados mercê da presença de níveis milimétricos siltíticos e greso-siltíticos. Tais níveis estabelecem transição para a unidade dos Grauvaques de Sobrado.

Na definição litológica, merecem especial menção os quartzitos da Serra de Bougada. Trata-se de quartzitos maciços, claros, heterométricos e de espessura muito variável, difícil de avaliar, devido ao dobramento intenso.

S_o - Formação de Sobrado

Do ponto de vista litoestratigráfico a Formação de Sobrado consta da base para o topo de três conjuntos distintos, mas, insuficientemente trabalhados para legitimar a definição formal de membros.

O inferior consta de grés imaturos, ricos em óxidos de ferro hidratados. Destacam-se aqui pelo menos três grandes níveis quartzíticos, que mostram ritmos conglomeráticos, erosão de base e estratificação cruzada. Intercalam-se em sedimentos terrígenos vermelho-arroxeados de natureza greso-argilosa ou grauvacóide.

O segundo conjunto forma uma alternância de filitos e metagrauvaques à escala decimétrica a centimétrica, onde por vezes, se individualizam alguns níveis de quartzitos ou siltitos de fraca potência (1-2 decímetros). Observam-se frequentes laminações convolutas, ripples e laminações paralelas. A tonalidade dominante do conjunto é cinzenta esverdeada. Quanto ao conjunto superior, observável entre a região de Agrela e NW de Lousada, consta de uma alternância centimétrica a milimétrica de filitos cinzentos e negros com metassiltitos claros. Uma laminação fina, paralela e, mais raramente, cruzada, são características do conjunto superior.

A Formação de Sobrado ocupa o cerne do sinforma de 1.^a fase cuja charneira toma a direção definida por Gândara, Água Longa, Bougado e Balazar. Devido aos dobramentos de ordem menor, é sempre falível avaliar a espessura da unidade que se estima ser da ordem dos 800 metros.

Uma sequência deste tipo, em que os sedimentos se vão tornando mais finos para o topo e os respectivos níveis acompanham em espessura a granulometria decrescente, é uma sequência positiva possível em turbiditos.

T_e - Formação de Telheiras

T_e¹ – Membro inferior

Da base para o topo, consta de bancadas métricas de quartzitos, com granoclassificação ou estratificação paralela e intercalação de filitos e grés negros ou brancacentos; sucedem-se bancadas decimétricas a métricas de quartzitos maciços claros, metagrés argilosos com abundantes micas líticas e finos leitos de metarenitos e filitos escuros micáceos; na parte alta deste membro encontram-se de novo bancadas métricas de quartzitos e alternância de bancadas finas de quartzitos e metagrés argilosos com micas líticas. Esta subunidade é bruscamente interrompida por uma brecha limonítica com espessura de 10 metros que sublinha um acidente tectónico.

T_e² – Membro superior

Uma vez transposta a brecha limonítica encontram-se em sequência normal de bancadas espessas de grés avermelhados a que se sucedem ritmos muito finos de xistos argilosos avermelhados, amarelos ou arroxeados. O conjunto é, também, superiormente interrompido por uma brecha limonítica que materializa, no terreno, um acidente maior e estabelece o contacto da Formação de Telheiras com os Xistos Negros ora superiores ora inferiores, do Silúrico.

B_o – Unidade de Bougado

A presente unidade alonga-se segundo uma faixa de direção NW-SE, respectivamente, entre Casais e Alvarelhos com extensão superior a 10 metros e espessura variável entre 20 e 250 metros.

O cisalhamento complexo, dividido em vários ramos na parte SE, preservou o Carbonífero. No lado oriental, este cisalhamento estabelece o contacto tectónico do Carbonífero com sedimentos do Landeiliano datado (Delgado, 1908), com grés e argilitos arroxeados do Devónico inferior e com grauvaques da Formação de Sobrado; no lado ocidental, o contacto é regra geral, tectónico relativamente ao CXG (Complexo Xisto-Grauváquico) e ao granito, embora, em algumas situações, se possa considerar sedimentar, discordante, relativamente ao CXG.

A definição formal da Unidade fez-se a oeste de Bougado, na região de Sanguinhal. Neste sector, a sequência inicia-se por um conglomerado arcósico com blocos rolados e subrolados de quartzito e granito de diâmetro superior a 60 cm; sucedem-se arcoses e intercalações de níveis argilo-xistentos, cinzentos e negros com vegetais fósseis. Mais a norte, na região de Baganha, são frequentes intercalações tectónicas de quartzitos, em bancadas de extensão hectométrica, intercalados nas bancadas e xistos do carbonífero. Estes quartzitos podem corresponder ao Devónico inferior, ao Silúrico de Bougado ou, ainda, à Formação de Sobrido. Na região de Corvos, a norte do rio Ave, o Carbonífero contacta diretamente com granitóides deformados. A intensa vegetação e cobertura impedem a observação, mas, presume-se que o contacto é tectónico. Diretamente sobre o granito encontra-se um conglomerado arcósico muito grosseiro com blocos subrolados de quartzito com mais de 1 m de diâmetro e inúmeros blocos de granitóides deformados, provavelmente da série dos granodioritos precoces.

1.b) Unidades Metassedimentares Parautóctones

S_{PX} – Formação Pelito-Grauváquica

Constitui a formação que aflora mais extensamente e a que apresenta maior espessura da sucessão de camadas pertencentes ao parautóctone. É-lhe atribuída idade silúrica inferior. Sob o ponto de vista litológico predominam os xistos filitosos, os grauvaques e os psamitos.

S_{PQ} – Formação dos Quartzitos Superiores

Trata-se da unidade central do complexo parautóctone, onde dominam as litologias quartzíticas, que correspondem a bancadas originais de arenitos quartzosos, por vezes microconglomeráticos, depositados em ambientes litorais pouco profundos, sujeitos aos efeitos das marés e da ondulação. Porque assenta na Formação dos Xistos Superiores é-lhe atribuída idade silúrica superior basal.

1.c) Unidades Metassedimentares Alóctones

U_v – Unidade de Vila de Nune e Valença

Na referida unidade pode estabelecer-se a seguinte sequência, da base para o topo: quartzitos imaturos micáceos e xistentos com intercalações de quartzitos compactos; vulcanitos intermédios-básicos em níveis dispersos; vulcanitos ácidos bandados ou, mais frequentemente, tufos e tufitos associados a níveis escarníticos; xistos superiores, essencialmente pelíticos, ou compostos por alternâncias à escala centimétrica de filitos e metarenitos.

2. Depósitos sedimentares Cenozóicos

Sobre estas unidades geológicas principais ocorrem as unidades cenozóicas continentais, geradas na dependência de sistemas fluviais, e outras relacionadas com ambientes litorais, representadas por depósitos de terraços marinhos e depósitos eólicos. A presença de alguns depósitos plio-quadernários, discordantes sobre o substrato, representa ou o testemunho do arrasamento do relevo e modelação da superfície do MI, ou o resultado do entalhe da rede hidrográfica atual (Martín-Serrano, 1994). Estes depósitos situam-se, essencialmente, nas bacias de drenagem dos principais rios (Homem, Cávado) e respectivos afluentes.

3. Rochas Granitóides

3.a) Granitóides hercínicos de duas micas

Sinorogénicos

Sintectónicos relativamente a D2:

Correspondem a granitos de duas micas com plagioclase primária pouco cálcica, peraluminosos. Apresentam, habitualmente, na sua composição, minerais de metamorfismo como cordierite e silimanite.

γ_2^I – *Granito de grão médio a grosseiro de duas micas de Montesinho, Paradança e Sr.^a da Graça*

O maciço granítico de Montesinho corresponde à extremidade sul de um maciço mais extenso que se estende para NW em território de Espanha constituindo o maciço de Hermisende-Padornelo. O maciço não tem evidências de estruturas orientadas e está por vezes associado à presença de um *stockscheider*. A fácies mais representativa deste maciço é constituída por um granito, essencialmente biotítico, de grão médio a grosseiro, com tendência porfiróide apresentando deformação incipiente N60°W. O bordo sul está afetado por importante cisalhamento dextro N40°W (Cisalhamento Valdovino) (Meireles, 2000).

Sintectónicos relativamente a D3:

Estes granitos são os granitos de duas micas mais frequentes e possuem fácies e mineralogia idêntica aos granitos de duas micas considerados como sin-D₂. Terão resultados da fusão de grandes massas de crosta continental de composição heterogénea com uma componente dominante correspondente a metassedimentos hidratados (Almeida, 1994). Os maciços que correspondem a estes granitos orientam-se segundo alinhamentos paralelos correspondentes aos definidos pelas grandes antiformas da D₃: Cabeceiras de Basto – Vila Real – Moncorvo (Serras da Cabreira e Alvão), das Serras do Barroso e Padrela e Serra do Larouco entre outras.

São várias as fácies de granitos de duas micas e estes podem agrupar-se em função da sua textura de granulometria em: granitos de grão fino (0,5 a 1 mm), granitos de grão médio (2 a 4 mm) e granitos de grão grosseiro (5 a 7 mm). Qualquer uma das fácies pode ser localmente porfiróide. Os contactos entre as diferentes fácies são em geral graduais e difusos em particular entre os tipos de grão médio e grosseiro.

γ_3^I – Sob esta sigla ocorrem diferentes granitos de duas micas caracterizados por diferentes texturas e percentagens de moscovite e/ou biotite:

A – Granito de grão grosseiro a médio, porfiróide de duas micas: Vales das Gatas, Carrazeda de Ansiães, Felgar e Urrós

B – Granito de grão fino a médio de duas micas, localmente com biotite ou moscovite: Borbela, Lamares, Samão e Juguelhe

C – Granito de grão médio de duas micas: Chaves, Serra da Cabreira, Lebução, Pinheiro Novo e Caçarelhos

D – Granito de grão médio, porfiróide, de duas micas, essencialmente biotítico: Moimenta (Espinhosela)

E – Granito de grão médio, porfiróide de duas micas: Picote, Bemposta

F – Granito de grão grosseiro, de duas micas: Barragem de Pisões, Gralheira, Anjos.

Do ponto de vista petrográfico todas estas fácies exibem textura hipidiomórfica granular e composição mineralógica semelhante. Como principais minerais ocorrem o quartzo, plagioclase (sobretudo albite), feldspato potássico (ortoclase e microclina), moscovite primária, biotite (único mineral máfico) e várias gerações de moscovite secundária. Os minerais acessórios são no essencial a apatite, zircão, rútilo, anatase, silimanite, turmalina, monazite e ilmenite. A relativa abundância de moscovite e a presença frequente de silimanite são indicadores mineralógicos do carácter peraluminoso destes granitos.

3.b) Granitoides hercínicos biotíticos com plagioclase cálcica e diferenciados

Ante a sintectónicos relativamente a D3:

Estes granitóides ocorrem em maciços espacialmente associados às zonas de cisalhamento de Vigo-Régua, Peneda-Borralha, Laza-Rebordelo, Vivero-Ifanes. Ocorrem em maciços orientados e possuem texturas mais ou menos orientadas em que a foliação é marcada por megacristais de feldspato potássico e/ou pela biotite. Os granitos nestes maciços apresentam-se espacialmente associados a rochas de composição intermédia a básica, granodioritos e quartzonoritos, apresentando relações geométricas que evidenciam simultaneidade de instalação.

γ_{1}^{II} – *Granodiorito porfiroide biotítico com megacristais muito desenvolvidos*
(Refoios do Lima, Bom Jesus, Sameiro e Felgueiras)

São rochas que apresentam grande heterogeneidade na composição textural e mineralógica. Assim, consideram-se rochas que pela sua composição e textura se enquadram nos granitos biotíticos gnaissicos e outros do tipo granodiorítico e quartzodiorítico biotítico com ou sem hornblenda, de uma maneira geral fraturados e deformados.

γ_{1}^{II} – *Granitos e granodiorito de grau médio, porfíroides, com duas micas*
(Barcelinhos, Pousada de St.º André e Ermesinde)

São granitos que apresentam alguma diferenciação textural, podendo observar-se texturas granulares mais ou menos porfíricas. Embora domine o granito de duas micas pode ocorrer granito mais biotítico com ou sem moscovite.

γ_{1C}^{II} – *Granitos e granodioritos porfiróides de grão médio a grosseiro, essencialmente biotíticos* (Montalegre)

São granitos e granodioritos essencialmente biotíticos, porfiróides de grão médio a grosseiro. Os megacristais são de feldspato potássico.

Nestes maciços há uma fácies granítica dominante, essencialmente biotítica de grão médio passando gradualmente a fácies de duas micas. As fácies de duas micas apresentam-se, em geral, espacialmente associadas a rochas de composição intermédia a básica apresentando contactos lombados e interdigitados com abundantes fenómenos de *mingling* que evidenciam simultaneidade de instalação.

Sin a tardi-tectónicos relativamente a D3:

γ_{2b}^{II} – *Granito porfiróide de grão grosseiro, essencialmente biotítico: Amarante, Ponte da Barca, Vieira do Minho, Guimarães.*

Estes maciços correspondem a monzogranitos porfiróides de grão grosseiro, essencialmente biotíticos contendo raros encraves microgranulares, encontrando-se associados a rochas de composição intermédia a básica que evidenciam simultaneidade de instalação.

Os granitos deste grupo são muito ricos em feldspato potássico e os megacristais são peritéticos. Como acessórios além da biotite e da moscovite ocorrem a apatite, zircão, ilmenite monazite e cordierite.

Tardi a pós-tectónicos relativamente a D3:

γ_{3a}^{II} – *Quartzodioritos e quartzonoritos biotíticos* (Arcoselo, Franqueira-Barcelos, Penso-Braga)

Estas rochas ocorrem geralmente em pequenas manchas espacialmente associadas a granodioritos e a monzogranitos porfiróides de grão médio biotíticos, com os quais

estabelecem relações de *mixing* e de *mingling*. São rochas melanocráticas de grão médio e de composição muito variada podendo ocorrer mesmo gabronoritos. Possuem textura ofítica, contendo labradorite, olivina, ortopiroxena, clinopiroxena, actinolite, hornblenda e biotite.

Nos quartzodioritos estão ausentes a ortopiroxena e a olivina, ocorrendo como minerais máficos a hornblenda actinolítica, biotite magnésiana e rara clinopiroxena (Dias *et al.* 2003).

γ_{3b}^{II} – *Monzogranitos porfiróides de grão médio, essencialmente biotíticos* (Ponte da Barca, Póvoa do Lanhoso)

Nesta tipologia ocorre um granito de duas micas, geralmente com percentagem maior de biotite, que revela tendência monzonítica, por vezes quase granodiorítica não raramente fraturado e alterado.

γ_{3c}^{II} – *Monzogranitos porfiróides de grão médio a fino, essencialmente biotíticos* (Braga, Bustelo)

Trata-se de um granito com predominância de biotite, em geral caulinizado, sericitizado e cloritizado. Os macrocristais são de plagioclase (em geral zonada) e microclina.

γ_{3d}^{II} – *Granitos de grão fino a médio, de duas micas essencialmente biotíticos* (Parada de Gatim, Fafe, Briteiros, etc.)

Estes granitos apresentam-se como os mais tardios do grupo dos granitóides tardi a pós-tectónicos relativamente a D3, cortando todas as estruturas definidas pelas manchas de granitos pertencentes aos tipos precedentes e evidenciando controlo pela fracturação tardia que afecta as fácies anteriores. São geralmente leucogranitos de grão médio a fino, biotítico-moscovíticos, que exibem frequentemente moscovite tardia em grandes cristais, e contêm com frequência andaluzite e silimanite.

Tardi a Pós-orogénicos

Granitos tardios relativamente à fracturação frágil:

Estes granitóides ocorrem em maciços circunscritos, cuja instalação foi controlada pela fracturação tardi hercínica nomeadamente a de orientação NNE-SSW pelo que são granitos pós-tectónicos relativamente a D3.

Os granitóides deste grupo são, na sua maioria das fácies essencialmente biotítica podendo contudo corresponder, em alguns casos, a leucogranitos. As manchas graníticas definidas por estes granitos cortam as estruturas definidas pelos granitos sin-orogénicos. Estes maciços encontram-se geralmente zonados, exibindo contudo composição mineralógica bastante uniforme, por vezes com hornblenda e magnetite como acessórios

γ_a^{III} – Granitos e granodioritos de grão fino a médio, às vezes porfiróide biotítico: Carris, Borrageiro, Arnal

Os granitos de Carris e Borrageiro são biotíticos de granularidade variável nas diferentes manchas cartografadas entre grão muito fino a médio, apresentando por vezes carácter porfiróide, encontram-se em pequenas manchas no granito do Gerês (Noronha & Ribeiro, 1983). Exibe com o granito do Gerês contactos magmáticos bruscos, mas interdigitados e dentados sugerindo sincronismo de instalação (Mendes, 2001).

γ_b^{III} – Granito porfiróide de grão grosseiro a médio, essencialmente biotítico: Gerês, Vila Pouca de Aguiar e Lamas de Olo

Estes granitos correspondem à fácies dominante dos granitos pós-tectónicos. São granitos porfiróides biotíticos de grão grosseiro a médio podendo ocorrer localmente variações petrográficas como a ausência de megacristais e variações na granulometria.

4. Filões e massas

Rochas básicas – Os filões de rochas básicas são numerosos e em geral muito alterados. Em geral predominam os lamprófiros.

Filões quartzosos – Ocorrem dispersos em toda a área. Em geral apresentam estrutura brechificada e direção NE-SW, E-W e NNE-SSW. São particularmente frequentes na região a leste de Terras de Bouro, Caldelas, Vieira do Minho, na região de Felgueiras e Escudeiros (Braga). São também frequentes na região transmontana, merecendo especial referência o filão N-S de Pitões das Júnias – Paradela.

Pegmatitos e aplitopegmatitos – São frequentes e aparecem espacialmente relacionados com os maciços graníticos.

Assim, tendo em conta o objetivo de delimitar áreas de recarga com recurso à análise multicritério em SIG, às várias litologias foi atribuída uma classificação (Quadro 13) que oscila entre 1 (permeabilidade reduzida) e 5 (permeabilidade elevada).

Quadro 14: Atribuição de classes segundo a litologia.

Unidades	Idade	Formação	Classe
Unidades Metassedimentares Autóctones	Câmbrico	D _o – Complexo Xisto-Grauváquico Indiferenciado	1
	Ordovícico	O _{QA} – Formação do Quartzito Armoricano	4
		O _S – Formação de Sobrido	4
	Silúrico e Devónico	S ₂ - Xistos Carbonosos	1
		S _o – Formação de Sobrado	4
	Devónico	T _e – Formação de Telheiras	1
	Carbonífero	B _o – Unidade de Bougado	1
Unidades Metassedimentares Parautóctones		S _{px} – Formação Pelito-Grauváquica	1
		S _{pQ} – Formação Quartzitos Superiores	4
Unidades Metassedimentares Alóctones		U _v - Unidade de Vila de Nune e Valença	1
Depósitos Sedimentares Cenozóicos	Plistocénico	Q – Depósitos de terraços e depósitos de vertentes	5

	Holocénico	a – Depósitos elúvio-aluviais	5
Granitoides hercínicos de duas micas	Sintectónicos relativamente a D ₂	γ'_2 – Granito de grão médio a grosseiro de duas micas	2
	Sintectónicos relativamente a D ₃	γ'_3 – Granito de grão médio de duas micas (Chaves, Serra da Cabreira)	2
		γ'_3 – Granito de grão grosseiro de duas micas (Barragem dos Pisões)	2
		γ'_3 – Granito de grão médio de duas micas (Vila Verde, Covas)	2
Granitoides hercínicos biotíticos	Ante a sintectónicos relativamente a D ₃	γ''_{1C} – Granitos e granodioritos porfiróides de grão médio a grosseiro, essencialmente biotíticos (Bom Jesus, Sameiro, Montalegre)	3
	Sin a tardi-tectónicos relativamente a D ₃	γ''_{2b} – Granito porfiróide de grão grosseiro, essencialmente biotítico (Terras de Bouro)	3
	Tardi a Pós-tectónicos relativamente a D ₃	γ''_{3a} – Quartzodioritos e quartzonoritos biotíticos (Barcelos)	3
		γ''_{3b} – Monzogranitos porfiróides de grão médio, essencialmente biotíticos (Ponte da Barca)	3
		γ''_{3c} – Monzogranitos porfiróides de grão médio a fino, essencialmente biotíticos (Granito de Braga)	2
		γ''_{3d} – Granitos de grão fino a médio, de duas micas essencialmente biotíticos (Parada de Gatim)	2
	Tardi a Pós-Orogénicos	γ'''_a – Granitos e granodioritos de grão fino a médio, às vezes porfiróide biotítico: Carris	2
		γ'''_b – Granito porfiróide de grão grosseiro a médio, essencialmente biotítico: Gerês	3
Rochas Magmáticas e Intrusivas – Filões e massas		Rochas básicas	1
		Quartzo	4
		Pegmatito e aplito-pegmatito	2
		Pórfiro microdiorítico Quartzífero	4

Relativamente às formações metassedimentares, constituídas essencialmente por xistos e grauvaques, foi atribuída a menor classificação, dado considerar-se que estas formações apresentam uma reduzida permeabilidade.

Às rochas graníticas foi atribuída classificação intermédia, tendo-se no entanto destacado os granitos biotíticos, com textura média a grosseira, por se considerar que estes se alteram com maior facilidade que os restantes granitoides, promovendo um acréscimo em termos de porosidade e permeabilidade das rochas.

Os filões de quartzo e as formações quartzíticas obtiveram uma classificação elevada visto se considerarem rochas que, quando alteradas, apresentam uma boa permeabilidade.

Os depósitos sedimentares cenozóicos, localizados na dependência dos principais cursos de água e no litoral da bacia, apresentam uma elevada permeabilidade, tendo obtido a máxima classificação.

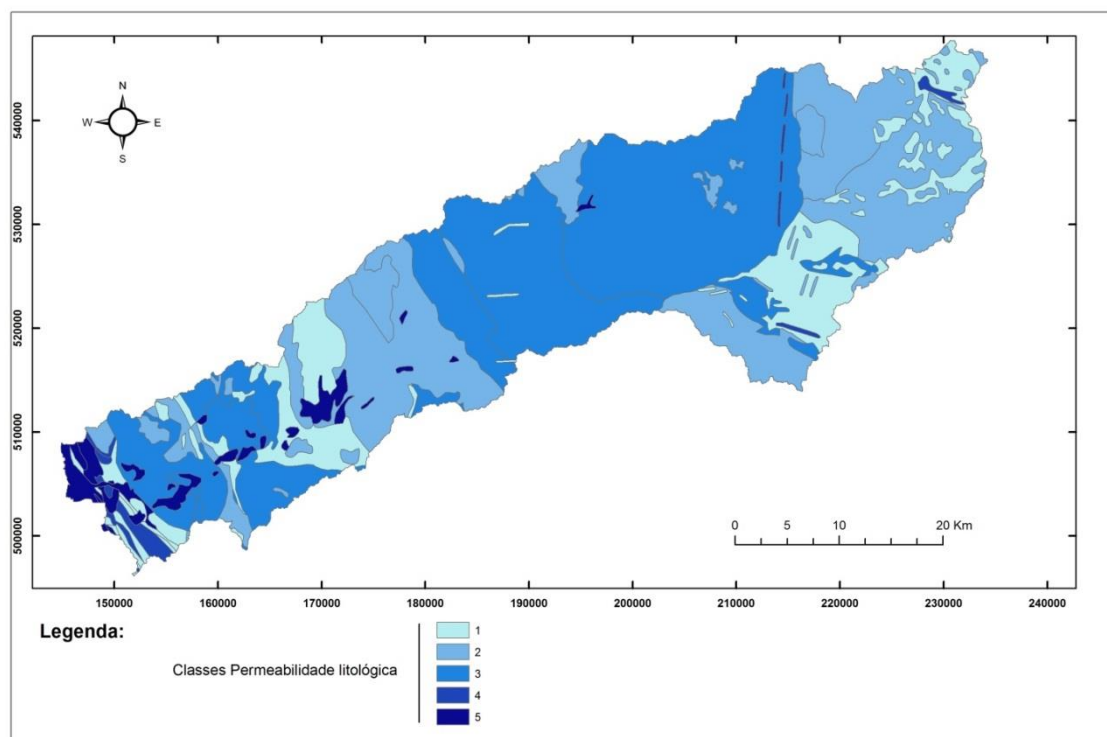


Figura 21: Classes de permeabilidade para a área em estudo

No mapa pertencente à Figura 21 encontram-se apresentados os resultados da análise efetuada, discriminando-se a classificação das litologias aflorantes na área em estudo quanto à sua permeabilidade, constatando-se que predominam as classes mediana e baixa.

IV.4.2. Fracturação

A influência da fracturação na permeabilidade de rochas cristalinas depende em grande parte da sua petrografia e mineralogia, assim como do tipo de falhas. Quanto mais quartzíferas forem as rochas mais friáveis serão, e mais profundas serão as fraturas que se estenderão por vastas áreas. As falhas por tensão originam meios com permeabilidades mais elevadas (Lerner *et al.*, 1990).

Em regiões onde predominam as rochas cristalinas ácidas a recarga pode ser bastante elevada (superior a 15% da precipitação média anual) (Lerner *et al.*, 1990).

Em regiões onde predominam os terrenos fraturados, como o caso específico da área em estudo, a orientação e extensão das fraturas assumem primordial importância nos processos de infiltração profunda.

A caracterização da fraturação, no âmbito do presente análise, teve por base a cartografia das grandes falhas e lineamentos identificadas em cartas geológicas, a interpretação de fotografia aérea (Figura 22) assim como da análise do Modelo Digital do Terreno (MDT) da área em estudo.

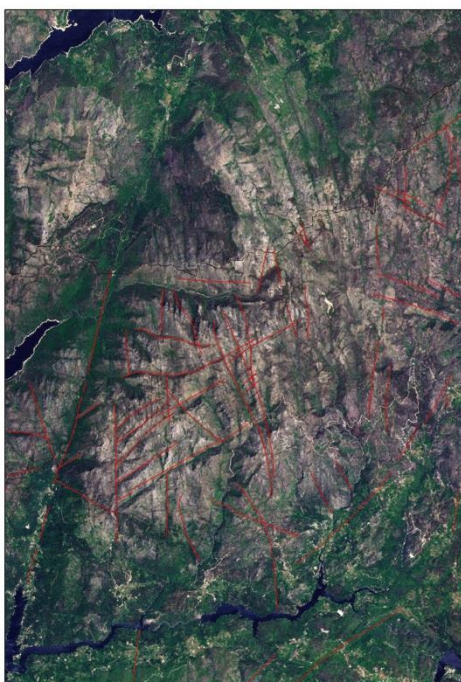


Figura 22: Imagem exemplificativa do processo de demarcação de fraturas com base em interpretação de fotografia aérea (Fonte: Google Earth).

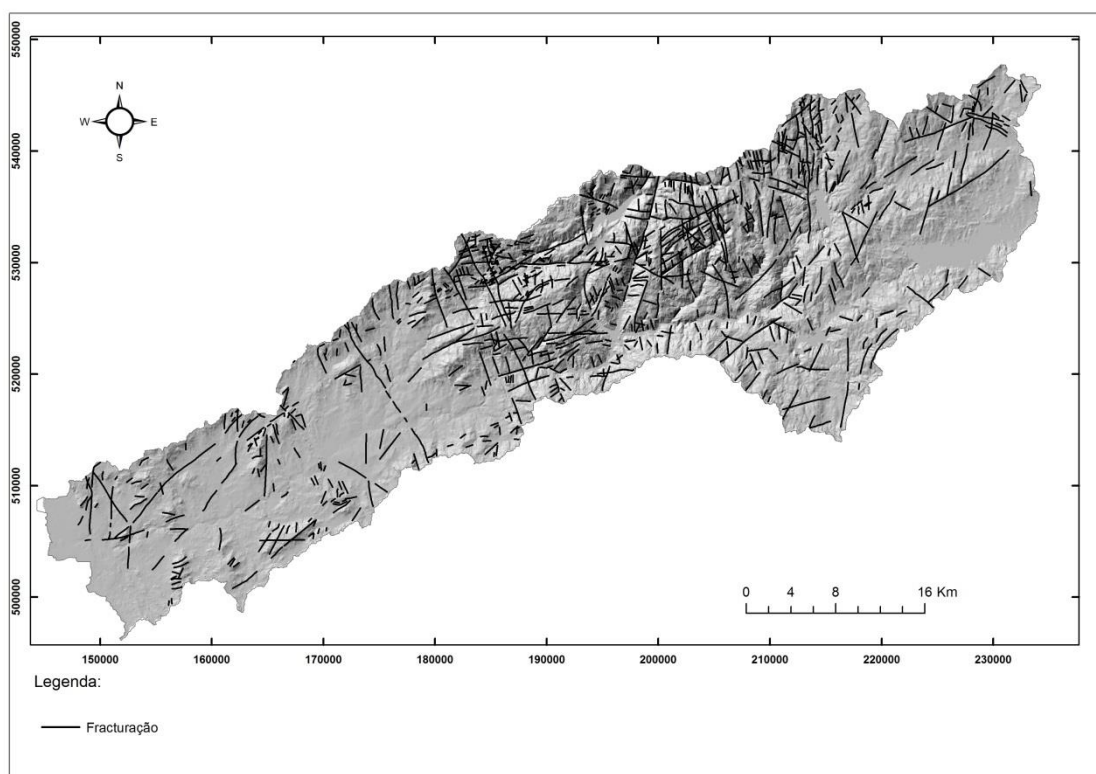


Figura 23: Fracturação da área em estudo.

No mapa da Figura 23 encontra-se apresentado o resultado da análise efetuada através de fotointerpretação, análise do MDT da bacia hidrográfica e das discontinuidades assinaladas na cartografia geológica. Verifica-se que o traçado obtido não é homogêneo ao longo de toda a área, nesse sentido, e tendo em conta o objetivo do presente trabalho foi delineado um mapa de densidade de fraturação (km/km^2) da área em estudo, apresentado na Figura 24. Através da observação do referido mapa constata-se que as principais áreas montanhosas da região em estudo apresentam os valores mais elevados, justificado pelo facto de nestes locais serem característicos afloramentos rochosos.

Tendo em conta o objetivo de delimitar áreas de recarga com base no tratamento de informação geográfica, com recurso à análise multicritério em SIG, os valores de densidade de fraturação estimados foram agrupados em cinco classes às quais se atribuiu uma ordenação (Quadro 10) que oscila entre 1 (densidade de fraturação reduzida) e 5 (densidade de fraturação elevada).

No mapa da Figura 25 encontra-se representada a distribuição das classes de densidade de fraturação para a área em estudo, evidenciando-se, como referido anteriormente, as áreas montanhosas da região (na sua maioria pertencente à área do PNPG) por se encontrar na classe mais elevada.

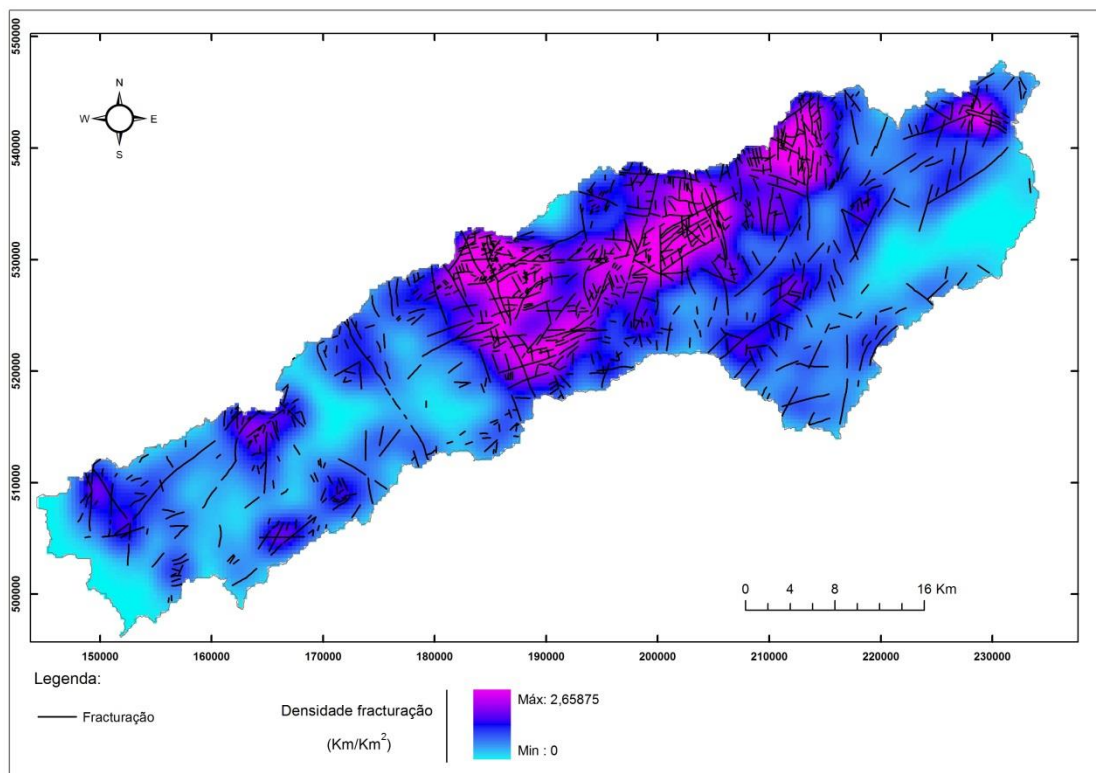


Figura 24: Densidade de fracturação (km/km²) da área em estudo.

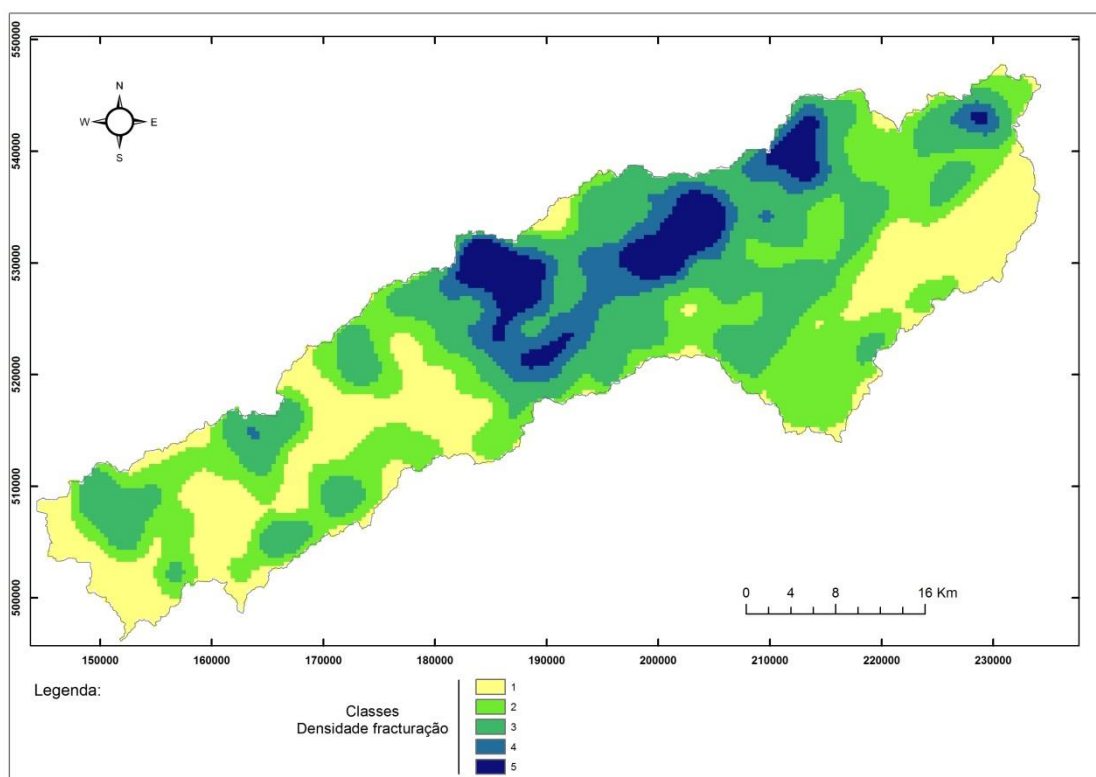


Figura 25: Mapa de classes de densidade de fracturação da área em estudo.

IV.5. Declive

Os dados geológicos e geomorfológicos disponíveis sobre o Minho Ocidental indicam que o desenvolvimento dos volumes montanhosos que caracterizam esta região é essencialmente anterior ao Pliocénico. Com efeito, esses dados sugerem o desenvolvimento de uma morfologia elevada acima do nível do mar anteriormente àquele período, resultante de movimentos de levantamento importantes (de algumas centenas de metros) associados a episódios tectónicos terciários, responsáveis pelo escalonamento de três ou quatro níveis de aplanação acima dos quais se elevam as superfícies culminantes das Serras de Peneda - Gerês e Cabreira (Ferreira, 1983, 1986), cuja individualização e datação é delicada, aplicando a sua análise no contexto da evolução tectónica de todo o Noroeste da Península Ibérica (Nonn, 1969; Martin-Serrano, 1989).

A simples observação de mapas topográficos regionais mostra que o relevo do Minho Ocidental está marcado por depressões alinhadas, ocupadas pela drenagem fluvial, constituindo lineamentos importantes dispostos em famílias de fraturas com orientação preferencial, de que se destacam os alinhamentos ENE-WSW e N-S, claramente dominantes no modelado, identificando-se também lineamentos NE-SW a NNE-SSW e NW-SE, menos influentes na morfologia.

A orientação ENE-WSW, com oscilações mais próximas de E-W ou NE-SW corresponde à direção geral das principais linhas de água da região entre Douro e Minho, nomeadamente do rio Cávado, Lima e Minho que se apresentam, pois, aparentemente inadaptados à estrutura geológica regional, disposta segundo a orientação varisca NW-SE a NNW-SSE, intersectando-a perpendicularmente. Contudo, a rigidez e paralelismo do traçado daquelas linhas de água sugerem que elas se encontravam adaptadas a fraturas na crosta à escala regional, ainda não reconhecidas no terreno, embora se identifiquem localmente fraturas de orientação ENE-WSW, à escala mesoscópica, como as referidas no vale do rio Cávado por Braga (1988) e se reconheça regionalmente uma fracturação subparalela, à escala macroscópica.

A descida relativa do nível do mar originada por aqueles movimentos de levantamento, particularmente pelos deslocamentos de natureza epirogénica que terão ocorrido no Miocénico (Nonn, 1969) desencadeou uma erosão intensa, responsável pelo desenvolvimento de um paleo-relevo com uma amplitude altimétrica elevada, em que a ação da erosão diferencial sobre rochas profundamente alteradas pelo clima cenozóico terá tido um papel importante, desenvolvendo-se paleo-vales dispostos segundo orientações preferenciais, orientadas por fraturas, destacando-se as de direção ENE-WSW.

Uma paragem, seguida de inversão da movimentação relativa do nível do mar no Pliocénico, de origem tectónica, associada a movimentos de subsidência, e/ou eustática, originou um alargamento das depressões, por intensificação da erosão lateral, e uma colmatação parcial daquele paleo-relevo por uma cobertura sedimentar de que os

depósitos de Alvarães e Prado são atualmente os únicos testemunhos conhecidos. O retomar dos movimentos de levantamento do continente no final do Pliocénico, ou início do Quaternário, desencadeia o encaixe da drenagem fluvial instalada nos paleovales pliocénicos exumando aquela paleo-topografia e rejuvenescendo-a, embora com pouca intensidade na área minhota ocidental devido à fraca amplitude do levantamento plio-quaternário na região.

Salienta-se, contudo, que a má exposição dos afloramentos característica do Minho Ocidental, a elevada alterabilidade das litologias predominantes presentes e o clima húmido favorecendo a meteorização, dificultam a identificação de acidentes tectónicos no terreno, além de, a existir atividade tectónica recente, as suas evidências morfológicas serem rapidamente degradadas pela erosão, dificultando também a utilização de critérios geomorfológicos para a localização de estruturas ativas. Assim admite-se a possibilidade de uma maior influência de movimentações tectónicas plio-quaternárias na génese da morfologia minhota, a qual resultaria, em parte, de deslocamentos verticais diferenciais entre blocos delimitados por falhas (na generalidade ainda não identificadas) interceptando-se segundo um reticulado disposto em direções estruturais NE-SW a E-W e N-S a NW-SE. A importante rede de fraturas e diaclases que os granitos apresentam tem, por outro lado, propiciado a alteração profunda.

IV.5.1 Declive

Para a definição de áreas preferenciais de recarga consideraram-se fatores cujos valores característicos permitem maximizar em primeiro lugar a infiltração superficial e posteriormente a infiltração profunda. Maximizar a infiltração significa neste caso minimizar o escoamento superficial. Neste sentido considera-se que a topografia também condiciona a maior ou menor facilidade de ocorrência de escoamento superficial e simetricamente, de menor ou maior facilidade de existência de infiltração. Porque num terreno horizontal uma lâmina de água de determinada espessura permanece mais tempo na superfície do solo potenciando a infiltração, e num terreno declivoso encontra-se favorecido o escoamento direto.

A análise do declive teve como base o processamento do Modelo Digital do Terreno da área em estudo.

A análise da morfologia do terreno revela que a altitude da área abrangida pela bacia hidrográfica do Cávado varia entre o nível do mar e os 1545 metros, sendo a altitude média de 542 metros, registando-se um aumento progressivo da altitude do litoral para o interior da bacia (Figura 26). Cerca de 47% da área da bacia hidrográfica encontra-se a altitudes superiores a 600 metros e cerca de 14% a uma altitude superior a 1050 metros; as áreas com altitudes inferiores a 150 metros ocupam 31 % da área total da região.

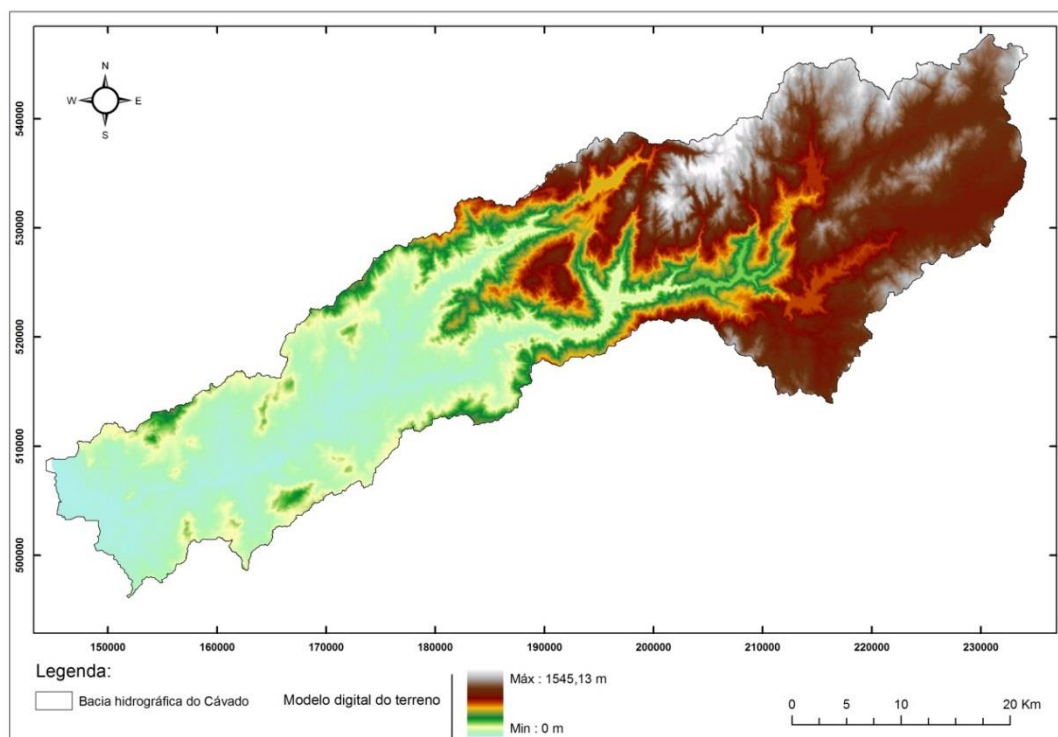


Figura 26: Modelo digital do terreno da bacia hidrográfica do Cávado.

Verifica-se que cerca de 69 % da área em estudo apresenta declives inferiores a 15 %, registando-se declives superiores a 25 % em 10 % da área, localizados sobretudo nas regiões centrais da bacia, correspondentes aos vales dos troços intermédios dos rios Cávado e Homem (Figura 26).

A carta de declives da superfície topográfica gerada para a bacia hidrográfica do Cávado encontra-se agrupada em cinco classes, cuja ponderação se encontra descrita no Quadro 15.

Quadro 15: Definição de classes de declive para a Bacia Hidrográfica do Cávado.

Declive (%)	Classe
0 - 2	5
2 - 6	4
6 - 12	3
12 - 18	2
> 18	1

Verifica-se (Figura 27) que as zonas de menor declive se encontram essencialmente demarcadas ao longo de vales largos e aplanados assim como de zonas de planalto montanhoso, características da região.

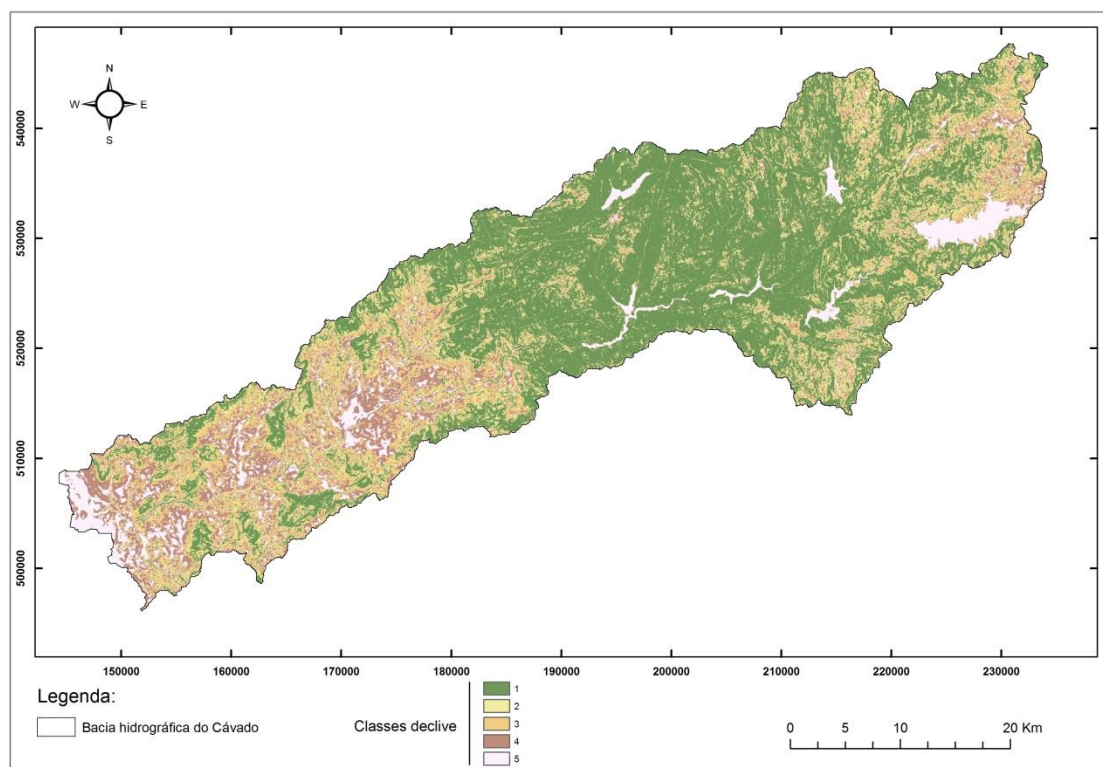


Figura 27: Mapa representativo das classes de declives da bacia hidrográfica do Cávado.

IV.6.Densidade de drenagem

A drenagem principal da região minhota ocidental ocupa vales largos, de fundo aplanado, onde se escalonam alguns níveis de terraços fluviais, sempre a cotas relativamente baixas.

Ferreira (1986) interpreta as formas fluviais largas, de fundo aplanado, com um contorno frequentemente irregular, como corredores de erosão que penetram ao longo das linhas de água principais, resultando possivelmente do esvaziamento de antigos alvéolos de erosão diferencial intercetados pelos cursos de água, refletindo a penetração de uma superfície de aplanamento poligénica, de idade plio-quadernária, para o interior do continente, representada no litoral pelos níveis de aplanção marinhos e flúvio-marinhos.

Na aplanção poligénica, consistindo no conjunto dos “níveis plio-quadernários” referenciados por A. Ferreira (1983, 1986) que caracteriza as áreas do Minho Ocidental, localizam-se os depósitos arenoargilosos da Alvarães e Prado, de fácies continental e idade provável pliocénica superior. Estes depósitos neogénicos situam-se em áreas topograficamente deprimidas relativamente às zonas subjacentes, sugerindo a possibilidade de se encontrarem preservadas em depressões tectónicas. Contudo a sua fraca espessura e os dados disponíveis sobre o seu enquadramento morfológico e tectónico indicam tratar-se fundamentalmente de um paleorelevo muito pronunciado que foi parcialmente colmatado pelos depósitos pliocénicos, e que poderá estar deformado por deslocamentos em falhas e/ou por balanceamentos regionais, justificando, por exemplo, a baixa altitude em que se encontram os sedimentos de Prado.

A análise estrutural da rede de drenagem constitui um fator importante na caracterização das zonas de recarga aquífera.

Horton (1945) definiu a densidade de drenagem como a relação entre o comprimento das linhas de água e a área da bacia hidrográfica, estabelecendo assim um importante índice morfométrico para o estudo dos diversos factores influenciados pelo processo de drenagem. Este índice expressa-se pela seguinte fórmula:

$$Dd = Lb/A \quad (10)$$

Onde:

Dd = densidade de drenagem;

Lb = comprimento total das linhas de água existentes na bacia;

A = área da bacia

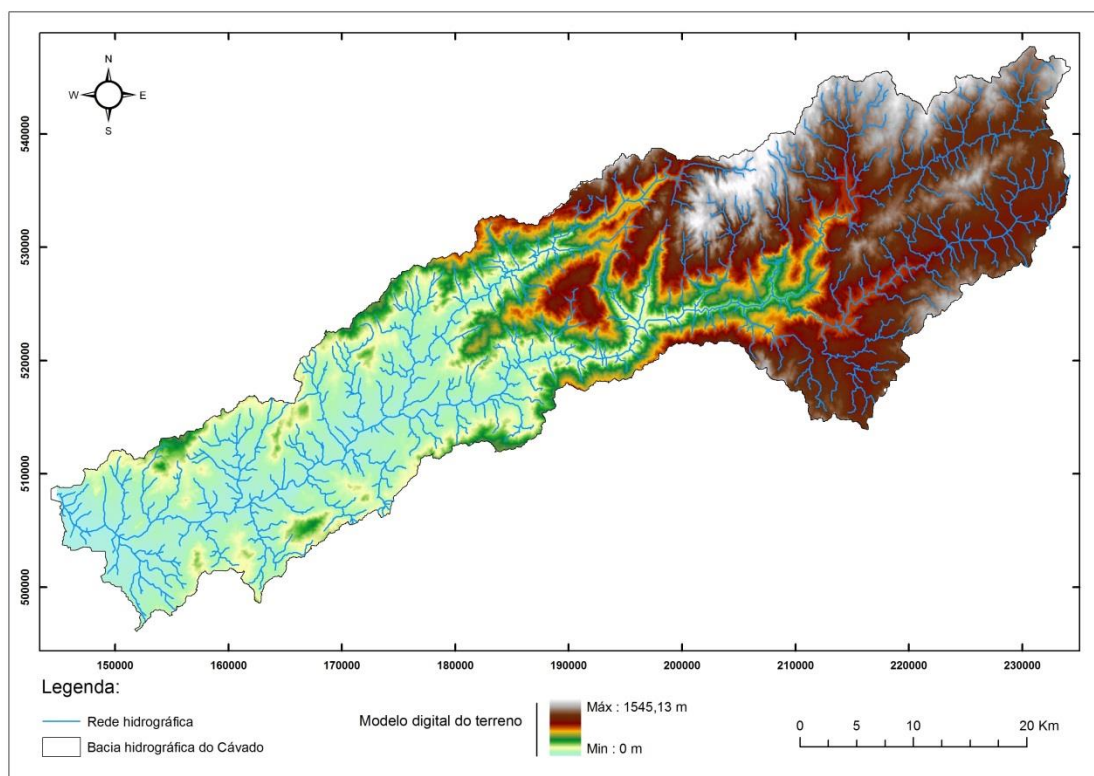


Figura 28: Mapa da hidrografia e modelo digital do terreno da bacia hidrográfica do Cávado.

Na área em estudo as características da rede de drenagem dependem da litologia e da morfologia dos terrenos, fornecendo importante informação acerca dos processos de escoamento superficial e de recarga aquífera.

A densidade de drenagem encontra-se significativamente correlacionada com a recarga aquífera dado que numa zona com elevada densidade de drenagem predomina o escoamento superficial e consequentemente as zonas com reduzida densidade drenagem apresentam maior propensão para os processos de recarga.

Através da análise da hidrografia em ambiente SIG foi possível gerar um mapa da densidade de drenagem da região (Figura 29), concluindo-se que esta varia entre 0 e 2,46 km/km², sendo as zonas ribeirinhas os locais que apresentam valores mais elevados.

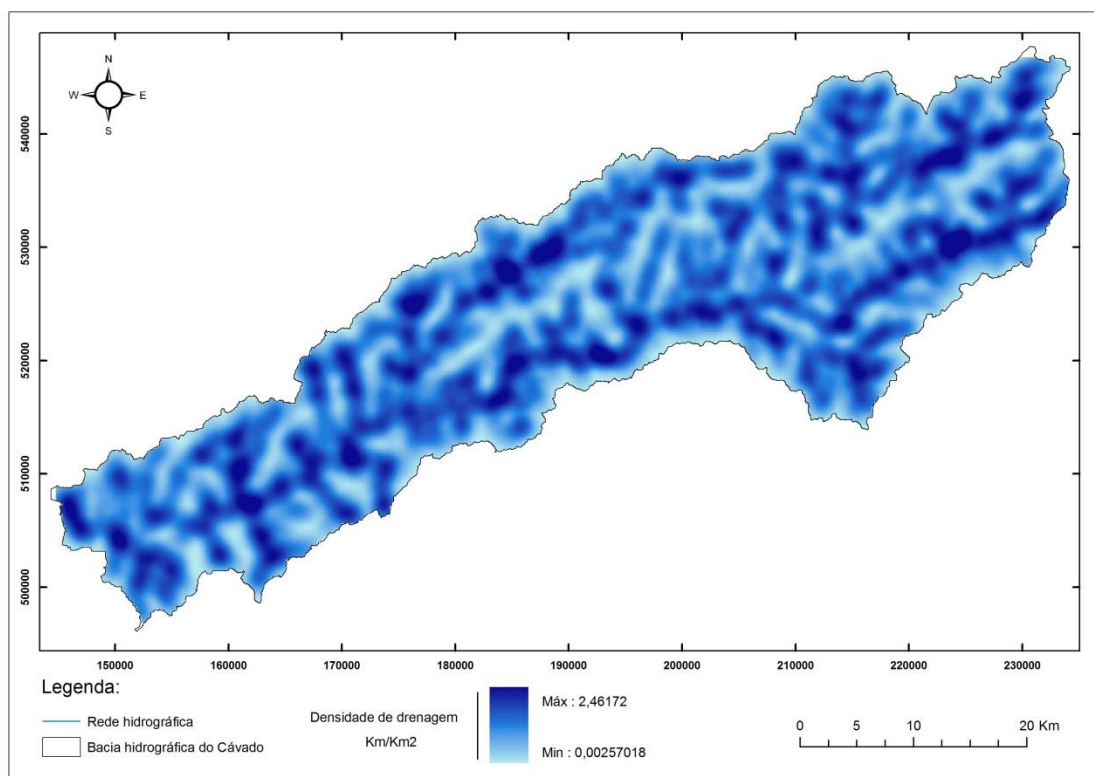


Figura 29: Mapa da densidade de drenagem (km/km²) da bacia hidrográfica do Cávado.

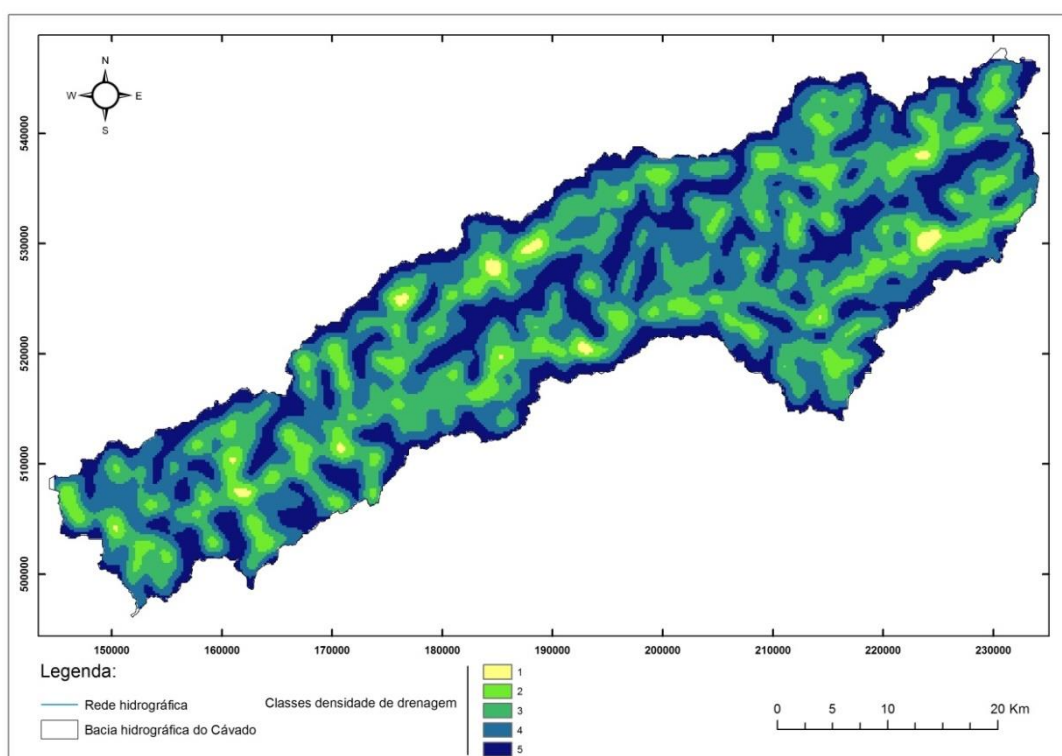


Figura 30: Mapa da distribuição das classes de densidade de drenagem da bacia hidrográfica do Cávado.

Tendo em conta o objetivo da presente análise, considerou-se que as zonas que apresentam menor densidade de drenagem são aquelas em que o processo de recarga se

encontra favorecido, dado que nas áreas de elevada densidade de drenagem predominam os processos de escorrência superficial.

Assim os valores de densidade de drenagem estimados foram agrupados em cinco classes às quais se atribuiu uma ordenação que oscila entre 1 (densidade drenagem elevada) e 5 (densidade de drenagem reduzida).

No mapa da Figura 30 encontra-se representada a distribuição das classes de densidade de drenagem para a área em estudo, salientando-se as áreas de planaltos montanhosos por se encontrarem na classe mais elevada.

IV.7. Áreas preferenciais de recarga aquífera

Tendo em conta o objetivo da presente tese e aplicando a metodologia apresentada no capítulo III, os mapas temáticos elaborados nos subcapítulos anteriores foram integrados num Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Os SIG constituem sistemas computacionais que, no contexto da presente tese, permitiram desenvolver uma análise multicritério com o objetivo de delimitar áreas preferenciais de recarga aquífera da região em estudo.

A tomada de decisão de âmbito espacial e multicritério requer uma articulação entre os objetivos de um decisor e a identificação dos atributos necessários na determinação do grau em que esses objetivos serão atingidos (Ramos, 2000).

Quer os critérios individualmente, quer os conjuntos de critérios deverão possuir propriedades de forma a representar adequadamente a vertente multicritério de um problema de decisão. Após o estabelecimento da estrutura hierárquica dos objetivos e dos atributos, as atenções deverão estar viradas para a existência de uma diversidade de escalas em que os diversos critérios são medidos. Dado que as análises multicritério visam a comparação entre critérios, é necessário que as unidades destes possam ser convertidas em unidades comparáveis, isto é, serem normalizadas. O objetivo consiste em transformar qualquer escala noutra comparável e medida num intervalo normalizado (por exemplo [0, 1]). Uma vez normalizados para um intervalo fixado, os scores dos critérios podem ser agregados de acordo com a regra de decisão (Ramos, 2000). Nesse sentido, existem diversas classes de operadores para a combinação de critérios. Dois procedimentos considerados mais relevantes no âmbito dos processos de decisão de natureza espacial são a Combinação Linear Pesada (WLC, de Weighted Linear Combination, conforme Voogd, 1983) e a Média Pesada Ordenada (OWA, de Ordered Weighted Average, conforme Yager, 1988).

Assim, a integração da análise multicritério num sistema SIG melhora a análise espacial, podendo adicionalmente constituir uma ferramenta de apoio à decisão.

As áreas modeladas num SIG poderão conceptualizar-se do seguinte modo (M. Nyeko, 2012):

$$S = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \quad (11)$$

onde S é a medida de adequabilidade e $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ são os fatores considerados como influentes na adequabilidade de um determinado local relativamente à temática que se pretende avaliar.

A análise multicritério em SIG tem frequentemente como base a aplicação de uma Combinação Linear Pesada (WLC) para a implementação da equação 11.

A operação de uma WLC determina a adequabilidade de uma matriz de células, pesando ou combinando mapas de fatores. A WLC multiplica os valores das células em

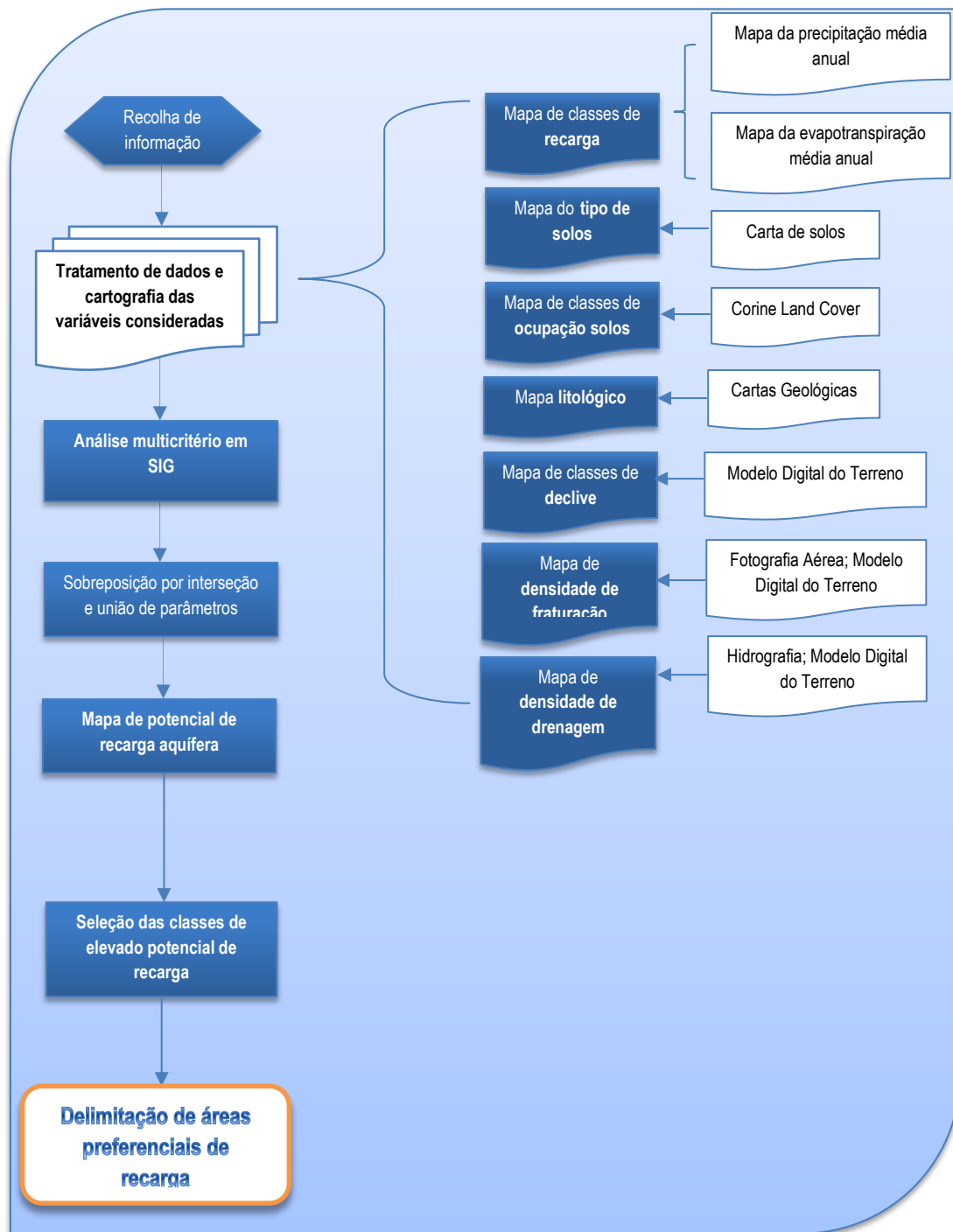


Figura 31: Organigrama representativo da metodologia adotada para a delimitação de áreas preferenciais de recarga aquífera na área em estudo.

mapas de fatores normalizados fazendo-os corresponder ao peso atribuído a cada fator, adicionando posteriormente pelos mapas os valores pesados correspondentes a cada um dos fatores considerados na análise.

O modelo WLC é descrito do seguinte modo, de acordo com H.Jiang, 2000:

$$S_k = \sum w_{k,i} X_{k,i} \quad (12)$$

onde S_k é o índice de adequabilidade por célula k ; $X_{k,i}$ é o valor do critério i por célula k e $w_{k,i}$ é o peso do fator. O peso dos fatores $w_{k,1}, w_{k,2}, \dots, w_{k,n}$ reflete a importância relativa de cada critério para uma dada célula ou unidade geográfica.

No âmbito da presente análise os fatores considerados - infiltração, tipo de solo, ocupação do solo, litologia, fracturação, declive e densidade de drenagem - foram combinados linearmente, considerando que apresentam o mesmo peso relativamente ao processo de recarga na região.

Deste modo a análise realizada teve como suporte o tratamento de informação cartográfica em SIG com recurso ao software ArcMap 10.2.2, seguindo a metodologia descrita na Figura 2: Fluxograma relativo à metodologia para a delimitação de áreas de preferenciais de recarga aquífera da região em estudo.. Após o tratamento de dados e informação cartográfica de base, foram gerados mapas relativos à ponderação de cada um dos fatores considerados, cuja sobreposição resultou no mapa de potencial de recarga aquífera para a Bacia Hidrográfica do Cávado (Figura 32).

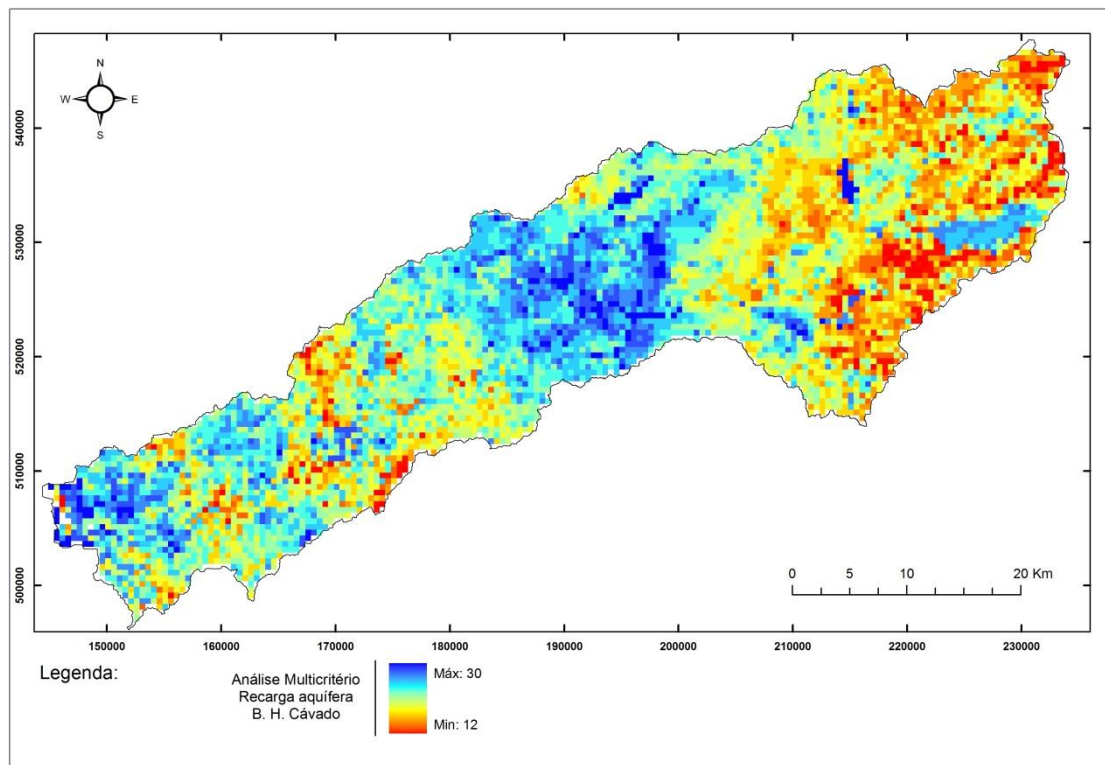


Figura 32: Mapa resultante da Análise Multicritério aplicada na avaliação do potencial de recarga aquífera da bacia hidrográfica do Cávado.

Salienta-se que seria necessária uma validação dos resultados obtidos, recorrendo a estudos hidrogeológicos de maior pormenor e de informação acerca da hidrodinâmica da região, que não foi possível desenvolver no âmbito da presente tese, e que certamente contribuiria para uma maior sustentação da análise crítica dos resultados.

Constata-se ainda que a precisão dos resultados beneficiaria também com uma possível uniformização dos critérios considerados relativamente a outras regiões com características similares. Deste modo os fatores considerados não obteriam necessariamente todas as classificações (da mínima à máxima) uma vez que a escala de valores assumiria um carácter mais “universal”.

Não obstante considera-se que os resultados obtidos apresentam relativa congruência com o que seria espectável para a região em estudo, encontrando-se claramente evidenciadas as zonas que apresentam valores de precipitação média anual mais elevados assim como áreas onde afloram litologias que apresentam maior capacidade de infiltração como as formações quartzíticas e as formações detríticas.

Assim, resultante da metodologia aplicada, destacam-se como áreas preferenciais de recarga aquífera da bacia hidrográfica do Cávado (Figura 33):

- Uma extensa área incluída no Parque Nacional da Peneda-Gerês, correspondente às zonas com os maiores níveis de precipitação média anual da região, sendo simultaneamente uma zona bastante fraturada e onde se verifica a ocorrência filões (formações quartzíticas, aplitopegmatíticos e filões doleríticos);
- Áreas correspondentes às albufeiras das principais barragens da região, dado apresentarem presença contínua de água à superfície;
- Zona litoral da bacia por corresponder a uma superfície aplanada onde as litologias aflorantes apresentam considerável permeabilidade.

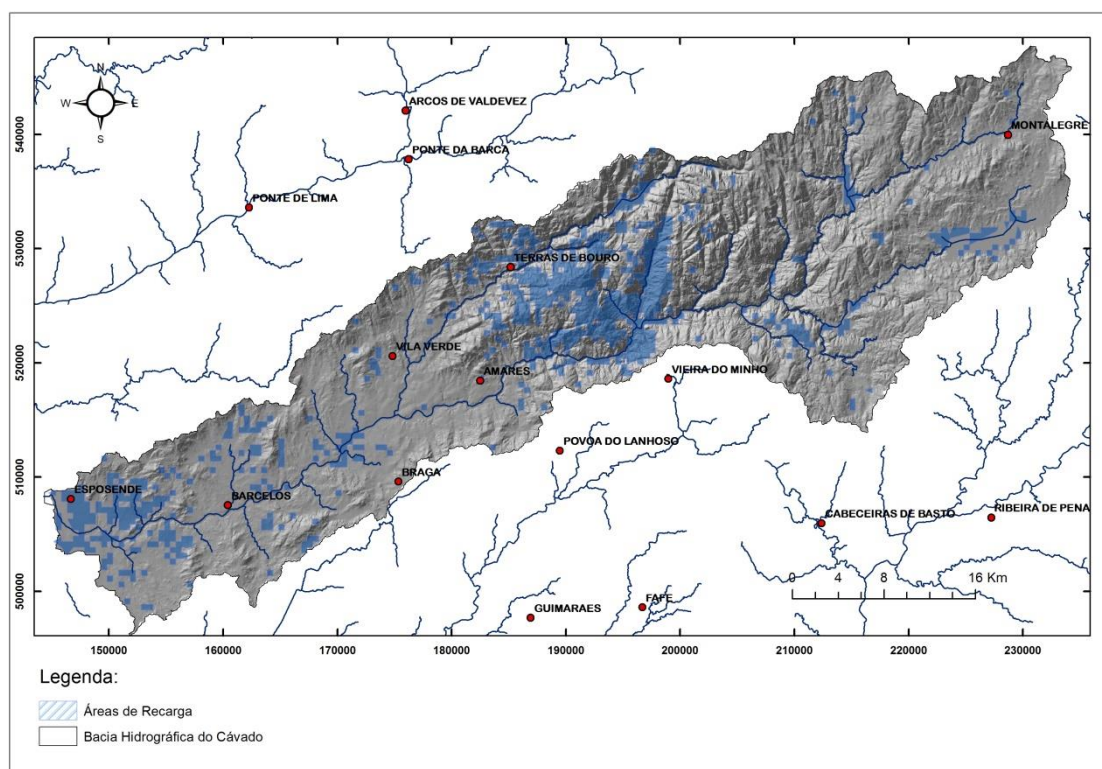


Figura 33: Seleção de áreas preferenciais de recarga para a bacia hidrográfica do Cávado.

Capítulo V. Considerações finais

Os estudos acerca do processo de recarga aquífera são fundamentais para a correta gestão dos recursos hídricos de uma região, em especial para a estimativa dos recursos hídricos subterrâneos renováveis anualmente. Assim, a correta avaliação da recarga é essencial para a estimativa das disponibilidades hídricas subterrâneas para usos consumptivos, numa perspectiva de gestão integrada dos recursos hídricos.

Todas as localizações de uma bacia de drenagem se definem como áreas de recarga ou áreas de descarga de aquíferos, sendo a referida designação dependente da direção do fluxo de água subterrânea (Freeze & Cherry, 1979). As áreas de recarga constituem os locais de reabastecimento das reservas de água subterrânea sendo em simultâneo as áreas de maior vulnerabilidade à introdução de contaminantes nos meios aquíferos. Deste modo, a identificação de áreas preferenciais de recarga numa bacia hidrográfica assume especial importância no âmbito da proteção de aquíferos e, em termos mais globais, no planeamento e gestão dos recursos hídricos e do território.

Os aquíferos têm-se tornado cada vez mais expostos à poluição tóxica e difusa resultantes de atividades socioeconómicas, sendo de notar especialmente os efeitos causados pelas atividades agrícola e industrial.

Assim, torna-se claro que a delimitação de áreas de proteção e recarga de aquíferos constitui um importante instrumento para a salvaguarda das origens de água, legalmente instituído pelo Decreto-Lei n.º 166/2008, de 22 de Agosto. Neste âmbito foram estabelecidas orientações estratégicas para a delimitação das áreas integradas na REN. Das referidas orientações constam os critérios para delimitação das áreas estratégicas de proteção e recarga de aquíferos que são consideradas “áreas relevantes para a sustentabilidade do ciclo hidrológico terrestre” que importa preservar, sendo definidas como “áreas geográficas que, devido à natureza do solo, às formações geológicas aflorantes e subjacentes e à morfologia do terreno, apresentam condições favoráveis à ocorrência de infiltração e recarga natural dos aquíferos e se revestem de particular interesse na salvaguarda da quantidade e qualidade da água a fim de prevenir ou evitar a sua escassez ou deterioração”

Inserido neste âmbito, o objetivo da presente dissertação centrou-se no desenvolvimento de uma metodologia para a delimitação de áreas de recarga em meios aquíferos fraturados. As especificidades intrínsecas da bacia hidrográfica do rio Cávado, nomeadamente as suas características geológicas, hidrogeológicas e climatológicas, assim como a sua localização, justificaram a sua escolha como caso de estudo para implementação e análise da metodologia desenvolvida.

O modelo desenvolvido para a delimitação de áreas preferenciais de recarga baseou-se em conhecimento empírico dos principais fatores ou critérios influentes no processo de recarga aquífera na área em estudo.

Deste modo a análise realizada teve como suporte o tratamento de informação cartográfica, de fotografia aérea e de sistemas de informação geográfica (SIG), tendo-se recorrido à análise multicritério para a classificação de informação referente aos critérios considerados: infiltração, tipo de solo, ocupação do solo, litologia, fracturação, declive e densidade de drenagem.

O parâmetro infiltração eficaz foi considerado um fator preponderante para a delimitação de áreas preferenciais de recarga na medida em que a presença de água no solo é imprescindível para o desenvolvimento do processo de recarga, verificando-se que a ocorrência de precipitação na área em estudo apresenta considerável variabilidade.

Para a estimativa da infiltração eficaz foi necessário proceder à análise de séries de precipitação e de temperatura com o propósito de estimar respetivamente os valores de precipitação e evapotranspiração média anual da área em estudo. A informação de base foi obtida através da consulta da base de dados do SNIRH (Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos) e das normais de temperatura do IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera) para um conjunto de estações climatológicas seleccionadas na área em estudo e nas suas imediações.

Tendo em conta o objetivo de delimitar áreas de proteção e recarga aquífera com base no tratamento de informação geográfica com recurso à análise multicritério, os valores de infiltração estimados foram agrupados em classes, tendo os resultados obtidos evidenciado a região da Serra da Peneda-Gerês, por se encontrar na classe de infiltração mais elevada, e as regiões do litoral e de Trás-os-Montes, como estando nas classes mais baixas.

A capacidade de infiltração do solo presente na área em estudo foi também considerada como fator influente no processo de recarga tendo-se considerado que o tipo e ocupação do solo condicionam a infiltração profunda.

Assim foi efetuada uma análise das características dos solos da bacia hidrográfica do Cávado, particularmente os seus aspetos texturais, com o objetivo de ponderar a capacidade de infiltração dos mesmos, tendo sido elaborada com base na cartografia de solos da região.

Através da análise efetuada pode concluir-se que a área em estudo se encontra dividida em três grandes zonas relativamente à capacidade de infiltração dos solos. Verifica-se que a nordeste predominam os solos classificados como de reduzida capacidade de infiltração, na região central da bacia predominam os solos com moderada capacidade de infiltração e na zona sudoeste, embora se verifique alguma heterogeneidade, são mais frequentes os solos com elevada capacidade de infiltração. Os solos com muito elevada capacidade de infiltração encontram-se confinados às formações sedimentares que ocorrem na bacia.

A ocupação da superfície do terreno também condiciona consideravelmente o processo de infiltração de água no solo. Assim foi elaborada a classificação do fator

ocupação do solo para a área em estudo ordenando as classes de acordo com o seu maior ou menor contributo para o processo de infiltração de água no solo. Os resultados da atribuição de classes de aptidão para infiltração de água em concordância com o tipo de ocupação do solo permitiram verificar que mais de 70 % da área estudada se apresenta nas classes média a elevada, ocupada por áreas agrícolas e florestais assim como por zonas húmidas e corpos de água.

As características geológicas da região constituem também um fator importante neste âmbito, na medida em que a permeabilidade das diferentes litologias aflorantes condiciona a infiltração e percolação de água nos sistemas aquíferos.

O tipo de rocha aflorante condiciona significativamente a infiltração profunda assim como a percolação de água na zona saturada e neste sentido foi tratada a informação incluída nas cartas geológicas às escalas 1:500 000 e 1:200 000, e respetivas notícias explicativas, de modo a classificar as diferentes litologias em concordância com a sua permeabilidade característica.

Da análise efetuada tendo em vista a classificação das litologias aflorantes na área em estudo quanto à sua permeabilidade, constatou-se que predominam as classes mediana e baixa, correspondentes a granitoides e rochas metassedimentares.

Dado que na região predominam os aquíferos fraturados, a ocorrência de fraturas e lineamentos foi outro dos critérios ponderados. Em regiões onde predominam os terrenos fraturados, como o caso específico da área em estudo, a orientação e extensão das fraturas assumem primordial importância nos processos de infiltração profunda.

Relativamente à determinação da densidade de fraturação a análise teve por base a cartografia das grandes falhas e lineamentos identificadas em cartas geológicas, a interpretação de fotografia aérea, assim como da análise do Modelo Digital do Terreno (MDT) da área em estudo, tendo-se constatado que as principais áreas montanhosas da região apresentam os valores mais elevados, justificado pelo facto de nestes locais serem característicos afloramentos rochosos.

Considerou-se também que o declive influencia diretamente a infiltração de água resultante de episódios de precipitação e como tal um declive acentuado resulta numa menor recarga dado que a água escorre rapidamente pela superfície não havendo tempo suficiente para que se infiltre através do solo e atinja a zona saturada.

O parâmetro declive foi estimado tendo como base o estudo da topografia da região tendo para o efeito sido gerado um Modelo Digital do Terreno (MDT). A análise do MDT gerado permitiu verificar que cerca de 69 % da área em estudo apresenta declives inferiores a 15 %, registando-se declives superiores a 25 % em 10 % da área, localizados sobretudo nas regiões centrais da bacia, correspondentes aos vales dos troços intermédios dos rios Cávado e Homem.

Verifica-se que as zonas de menor declive se encontram essencialmente demarcadas ao longo de vales largos e aplanados assim como de zonas de planalto montanhoso, características da região.

Considerou-se ainda que a densidade de drenagem também condiciona significativamente a recarga aquífera dado que, na área em estudo, numa zona com elevada densidade de drenagem encontra-se favorecida a escorrência superficial.

A densidade de drenagem, determinada através da análise cartográfica da hidrografia da região, varia entre 0 e 2,46 km/km², destacando-se as áreas de planaltos montanhosos por apresentarem os valores mais baixos e apresentarem consequentemente condições favoráveis à infiltração.

Após a caracterização e análise cartográfica individual de cada um dos fatores considerados - infiltração, tipo de solo, ocupação do solo, litologia, fracturação, declive e densidade de drenagem – estes foram combinados linearmente, considerando que apresentam o mesmo peso relativamente ao processo de recarga aquífera na região.

Partindo dos dados cartográficos referentes a cada fator foi efetuada uma análise multicritério em SIG (com recurso ao software ArcMap 10.2.2.), procedendo-se à sobreposição por intersecção e união de parâmetros da qual resultou o mapa do potencial de recarga aquífera da área em estudo. Ao evidenciar as áreas cujo potencial de recarga apresentam valores mais elevados delimitaram-se as áreas preferenciais de recarga da bacia.

Da análise crítica aos resultados obtidos salientam-se como principais lacunas relativamente à metodologia apresentada:

- Necessidade de uma validação dos resultados obtidos com base em estudos hidrogeológicos de base científica da região;
- Necessidade de uniformização de critérios com regiões de características similares;
- Possibilidade de atribuição de pesos relativos diferentes, aos fatores considerados influentes no processo de recarga aquífera.

Não obstante considera-se que os resultados obtidos apresentam relativa congruência com o que seria espectável para a região em estudo, encontrando-se claramente evidenciadas as zonas que apresentam valores de precipitação média anual mais elevados assim como áreas onde afloram litologias que apresentam maior capacidade de infiltração.

Assim, as áreas preferenciais de recarga aquífera da bacia hidrográfica do Cávado incluem:

- Uma extensa área incluída no Parque Nacional da Peneda-Gerês, correspondente às zonas com os maiores níveis de precipitação média anual na região, sendo simultaneamente uma zona bastante fraturada e onde se verifica a ocorrência filões (formações quartzíticas, aplitopegmatíticos e filões doleríticos);
- Áreas correspondentes às albufeiras das principais barragens da região, dado apresentarem presença contínua de água à superfície;
- Zona litoral da bacia por corresponder a uma superfície aplanada onde as litologias aflorantes apresentam considerável permeabilidade.

Em conclusão ressalva-se ainda a necessidade de, neste contexto, se efetuarem estudos mais detalhados, promovidos em âmbito municipal, das áreas de proteção e recarga de aquíferos, utilizando informação cartográfica de maior detalhe e incorporando estudos de pormenor desenvolvidos nas áreas a estudar, havendo ainda a possibilidade de considerar critérios baseados em estudos acerca da hidrodinâmica dos sistemas aquíferos, o que certamente contribuiria para a obtenção de resultados cada vez mais precisos.

Capítulo VI. Referências bibliográficas

- Aller, L. et al. (1987) - *DRASTIC: A standardized system for evaluating ground water pollution potential using hydrogeologic settings*, EPA.
- Almeida, C., Mendonça, J. J., Jesus, M. R., Gomes, A. J. (2000) - *Sistemas aquíferos de Portugal Continental*, Instituto da Água (INAG, I.P.), Lisboa:
- Atlas do Ambiente. (1978) - *Carta de Solos*. Unidades Pedológicas (segundo o esquema da FAO para a Carta dos Solos da Europa) na escala 1:1 000 000 e notícia explicativa. Instituto Hidrográfico. Edição digital pelo Instituto do Ambiente;
- Canas, A.; Lima, A.S.; Fonseca, J. (2003) – *Quantificação dos Recursos Hídricos Subterrâneos da Região de Montalegre (Norte de Portugal)*. Ciências da Terra, Volume Especial V. VI Congresso Nacional de Geologia
- CNA. (1978) - *Carta dos Solos*. Atlas do Ambiente, Comissão Nacional do Ambiente, reprodução da Carta dos Solos, do Serviço de Reconhecimento e Ordenamento Agrário, delineada por J. Carvalho Cardoso, M. Teixeira Bessa e M. Branco Marado, 1971.
- Costa, J. Botelho (1979) – *Caracterização e constituição do solo*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.
- Custodio, E.; Llamas, M. R. (1983) – *Hidrologia Subterranea* , Ediciones Omega, Barcelona.
- Dias, R.; Araújo, A.; Terrinha, P.; Kullberg, J. C. (2013) – *Geologia de Portugal – Volume 1: Geologia Pré-mesozóica de Portugal*, Escolar Editora.
- ESRI – ArcMap 10.2.2 <http://www.esri.com/software/arcgis/arcgis-for-desktop/free-trial>
- Freeze, R. Allan; Cherry, Jonh A. (1979) – *Groundwater*, Prentice Hall, Inc., 604p.
- Google Earth - <https://www.google.com/earth/>
- Instituto Geográfico Português. (2006). CORINE Land Cover 2006. Lisboa;
- Instituto Geográfico Português. (2007). Nomenclatura CORINE Land Cover.
- IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera) – www.ipma.pt
- Lencastre, A.; Franco, F. M. (1992) - *Lições de Hidrologia*, 2.^a edição, Universidade Nova de Lisboa,.453p.

- Lerner, D. N.; Issar, A. S.; Simmers, I. (1990) - *Groundwater Recharge – A Guide to Understanding and Estimating Natural Recharge*, International Contributions to Hydrogeology, Verlag Heinz Heise,.
- Lima, A. S. (2001) – *Hidrogeologia de Terrenos Graníticos, Minho – Noroeste de Portugal*. Tese de Doutoramento, Universidade do Minho, Braga.
- Nyeko, M. (2012) - *GIS and Multi-Criteria Decision Analysis for Land Use Resource Planning* - Journal of Geographic Information System, 341-348 pp.
- Oliveira, J.T., Pereira, E., Ramalho, M., Antunes, M.T., Monteiro, J.H. (1992). *Carta Geológica de Portugal à escala 1:500 000*, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa
- Pereira, E. (1992) - *Carta Geológica de Portugal à escala 1:200 000*, Notícia Explicativa da Folha 1, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.
- Pereira, E. (2006) - *Carta Geológica de Portugal à escala 1:200 000*, Notícia Explicativa da Folha 2, Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, Lisboa.
- SNIRH (Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos) – www.snirh.pt
- Yeh, H.; Lee, C.; Hsu, K.; Chang, P. (2008) – *GIS for assessment of groundwater recharge potencial zone*, Springer-Verlag, 186 – 189 pp.
- H. Jiang and J. R. Eastman (2000), “Application of Fuzzy Measures in Multi-Criteria Evaluation in GIS,” International Journal of Geographical Information Science, Vol. 14, No. 2, pp. 173-184.
- J. R. Eastman, P. A. Kyem, J. Toledano, W. Jin (1993), “GIS and Decision Making,” United Nations Institute for Training and Research, Geneva.
- Wanielista, M. (1990) – *Hydrology and Water Quantity Control*. John Wiley & Sons, NewYork.
- W. Xiang and D. L. Whitley, “Weighting Land Suitability Factors by the PLUS Method,” Environment and Planning B: Planning and Design, Vol. 21, No. 3, 1994, pp. 273-304.

Anexos

Anexo 1: Metodologias para a delimitação de áreas de proteção e recarga de aquíferos (Decreto-Lei n.º 166/2008)

De acordo com o anexo ao Decreto-Lei n.º 166/2008, de 22 de Agosto, a delimitação de áreas de proteção e recarga de aquíferos poderá ser feita com recurso a métodos usualmente aplicados à avaliação da vulnerabilidade à poluição, de acordo com o tipo de sistema aquífero.

a) Sistema aquíferos porosos ou de dupla porosidade (fraturados e porosos)

Para a avaliação da vulnerabilidade específica dos sistemas aquíferos porosos ou de dupla porosidade, como é o caso de aquíferos com comportamentos mistos (e.g. os sistema aquíferos cársicos-porosos), é utilizado o Índice de Susceptibilidade (IS) (Ribeiro, 2005), de natureza puramente intrínseca, isto é, o parâmetro ocupação do solo é retirado e os ponderadores dos outros quatro parâmetros: profundidade da zona não saturada (D), recarga do aquífero (R), geologia do aquífero (A) e declives do terreno (T). O IS intrínseco é dado pela expressão:

$$IS = 0,24D + 0,27R + 0,33A + 0,16T$$

A profundidade da zona não saturada (D) é a profundidade do topo do aquífero, definida como a distância vertical que um determinado poluente tem de percorrer até chegar ao aquífero. Quanto maior for a distância a percorrer pelo poluente, maiores são as hipóteses de haver uma depuração por parte do solo atravessado.

Parâmetro D	
Classe (m)	Valor
<1,5	100
1,5 – 4,6	90
4,6 – 9,1	70
9,1 – 15,2	50
15,2 – 22,9	30
22,9 – 30,5	20
>30,5	10

O parâmetro recarga do aquífero (R) mede a quantidade de água que chega anualmente ao aquífero através da precipitação que escoia verticalmente até atingir o nível freático, fazendo aumentar a quantidade de água subterrânea armazenada. O valor de recarga pode ser estimado

por métodos que utilizam a equação do balanço hídrico do solo ou os que utilizam diretamente variáveis hidrogeológicas. A escolha da metodologia depende dos dados existentes e da sua qualidade. O INAG disponibiliza alguns valores de recarga para alguns sistemas aquíferos.

A recarga é calculada no balanço hídrico do solo a partir da equação:

$$Recarga = P - Es - ETR \pm \Delta S$$

Em que P é a precipitação, Es é o escoamento superficial, ETR é a evapotranspiração real e ΔS é a variação do conteúdo de humidade do solo.

Parâmetro R	
Classe de Recarga (mm)	Valor
<51	10
51 – 102	30
102 – 178	60
178 – 254	80
>254	90

A geologia do aquífero (A) considera que quanto mais permeável for o material dos aquíferos maiores são as hipóteses de contaminação das águas subterrâneas.

Parâmetro A		
Classe	Valor	Valor típico
Xisto argiloso, argilito	10 - 30	20
Rocha metamórfica/ígnea	20 – 50	30
Rocha metamórfica/ígnea alterada	30 – 50	40
“Till” glacial	40 – 60	50
Arenito, calcário e argilitos estratificados	50 – 90	60

Arenito maciço	40 – 90	60
Calcário maciço	40 – 90	80
Areia e balastro	40 – 90	80
Balastro	20 - 100	90

A topografia (T) define os declives do terreno que, quanto mais elevados forem, menor é a infiltração. Deste modo, declives mais atenuados promovem uma maior infiltração e transporte dos contaminantes para as águas subterrâneas.

Parâmetro T	
Classe (%)	Valor
2	100
2 – 6	90
6 – 12	50
12 – 18	30
>18	10

Após a classificação dos vários parâmetros (D, R, A, T) é efetuada a soma ponderada de acordo com a equação de cálculo do IS. Quanto maiores forem os valores finais de IS obtidos, tanto maior é a probabilidade de determinada área ser mais vulnerável à contaminação das águas subterrâneas. A classificação dos valores de IS é, de seguida, efetuada em função da sua vulnerabilidade.

Para efeitos da delimitação da REN consideram-se as áreas mais vulneráveis à poluição dos aquíferos porosos ou de dupla porosidade tomando os valores de IS correspondentes às classes extremamente vulnerável a elevada.

Classificação da vulnerabilidade	
IS	Vulnerabilidade
>90	Extremamente vulnerável
80 – 90	Muito elevada
70 – 80	Elevada
60 – 70	Moderada a alta
50 – 60	Moderada a baixa

40 – 50	Baixa
30 – 40	Muito baixa
<30	Extremamente baixa

b) Sistemas aquíferos fissurados

No caso dos sistemas aquíferos fissurados considera-se o índice de vulnerabilidade VULFRAC. Este método foi especificamente desenvolvido para avaliar a vulnerabilidade em meios hidrogeológicos fracturados tendo sido proposto por Fernandes (2003), com base no método HTD (*Homogeneous Tectonic Domain*).

A vulnerabilidade é condicionada pela interação de três atributos da zona não saturada: a espessura, o tipo de composição do material e a densidade, a conectividade e a abertura das fraturas. Enquanto os dois primeiros fatores regem a capacidade de atenuação da zona não saturada, o último controla a acessibilidade hidráulica dos contaminantes à zona saturada.

Da combinação dos três mapas que representam o comprimento total, o número de intersecções dos alinhamentos e as áreas tectónico-estruturais, obtêm-se três classes de fracturação:

Classe 1	Áreas caracterizadas por terem densidade baixa de alinhamentos, reduzido número de intersecções e baixo número de fraturas abertas.
Classe 2	Áreas caracterizadas por terem densidade mediana de alinhamentos e número de intersecções, com maior quantidade de fraturas abertas.
Classe 3	Áreas caracterizadas por terem densidade elevada de alinhamentos que coincidem com áreas onde ocorre grande quantidade de intersecções e grande quantidade de fraturas abertas.

No que respeita ao atributo fracturação a vulnerabilidade aumentará da Classe 1 para a Classe 3.

Analisando conjuntamente os três fatores (natureza da zona não saturada; classes de fracturação e profundidade ao nível freático) na matriz determinam-se classes de vulnerabilidade VULFRAC.

Para efeitos de delimitação de REN consideram-se as áreas mais vulneráveis à poluição dos aquíferos fissurados, tomando os valores de VULFRAC correspondentes às classes de vulnerabilidade alta a moderada/alta.

Fracturação	Natureza da zona não saturada			
	<i>Gneisse</i>		<i>Granito</i>	
Classe 1	baixa	moderada/alta	moderada/baixa	moderada/alta
Classe 2	moderada/baixa	alta	moderada/alta	alta
Classe 3	moderada/alta	alta	alta	alta
	>10 m	<10 m	>10 m	<10 m
	Profundidade do nível freático			

Anexo 2: Tratamento dos dados de precipitação para a Bacia Hidrográfica do Cávado

Quadro 16: Dados relativos às estações que constituem a rede climatológica da região em estudo

Nome	COORD_ X	COORD _Y	Altitude (m)	Bacia	Tipo de Estação	Entrada em funcionamen to	Estado
Pitões (02J/01G)	215207	541240	1077	Cávado	Udográfica	1932	Ativa
Casais da Veiga (02K/01U G)	231232	543452	1065	Cávado	Udométrica	1944	Ativa
Portela do Vade (03G/03U G)	176401	527686	219	Cávado	Udométrica	1932	Ativa
Caldelas (03G/04U G)	179274	521970	93	Cávado	Udométrica	1931	Ativa
Covide (03H/02U G)	196975	530425	895	Cávado	Udométrica	1948	Ativa
São Bento da Porta Aberta (03H/03U G)	193706	525190	357	Cávado	Udométrica	1950	Ativa
Cibões (03H/05U G)	187387	531053	531	Cávado	Udométrica	1980	Ativa
Portela do Homem (03I/01G)	199864	538446	844	Cávado	Udográfica	1948	Suspensa
Leonte (03I/03UG)	198824	532893	874	Cávado	Udométrica	1941	Suspensa
Xertelo (03I/04G)	210148	529352	711	Cávado	Udográfica	1949	Ativa
Pedra Bela (03I/06UG)	199864	526722	714	Cávado	Udométrica	1946	Ativa
Ermida (03I/07G)	201251	525488	337	Cávado	Udográfica	1949	Ativa
Pincães (03I/08UG)	206675	526166	479	Cávado	Udométrica	1949	Ativa
Salamonde (03I/09UG)	203564,48 4	523329	600	Cávado	Udométrica	1949	Ativa
Sezelhe (03J/01UG)	221735	538077	969	Cávado	Udométrica	1943	Ativa
Outeiro (03J/02UG)	215690	535586	845	Cávado	Udométrica	1934	Ativa
Paradela do Rio (03J/03UG)	215687,95 4	532293	834	Cávado	Udométrica	1942	Ativa
Viade (03J/04UG)	222387,71 3	532157	919	Cávado	Udométrica	1943	Ativa

Vila da Ponte (03J/05G)	219743,84 3	527521	745	Cávado	Udográfica	1916	Ativa
Telhado (03J/06UG)	223330,40 9	526452	1042	Cávado	Udométrica	1944	Ativa
Venda Nova (03J/07G)	212238,95 9	522876	707	Cávado	Udográfica	1940	Ativa
Gralhós (03K/02UG)	232886,09 2	534974	910	Cávado	Udométrica	1944	Ativa
São Vicente de Chã (03K/03UG)	229024	535122	901	Cávado	Udométrica	1943	Ativa
Barcelos (04F/01C)	159004	506433	36	Cávado	Climatológica	1932	Ativa
Ucha (04F/03UG)	167940	511861	52	Cávado	Udométrica	1980	Ativa
Turiz (04G/03UG)	173984	517575	70	Cávado	Udométrica	1980	Ativa
Gondizalves (04G/06C)	173255	508260	90	Cávado	Climatológica	1980	Ativa
Zebal (04I/03UG)	209003	521174	857	Cávado	Udométrica	1949	Ativa
Penedo (04I/06UG)	197474	521338	536	Cávado	Udométrica	1949	Ativa
Salto (04J/02C)	215834	518410	837	Cávado	Climatológica	1948	Ativa
Póvoa de Varzim (05E/03UG)	147710	492048	18	Cávado	Udométrica	1979	Ativa
Braga	177735	508997	190	Cávado			
Calvelo (03F/05UG)	165701	523379	179	Neiva	Udométrica	1980	Ativa
Póvoa de Lanhoso (04H/01UG)	188882	511490	173	Ave	Udométrica	1979	Suspensa
Seixas (03H/04G)	184047	535379	364	Lima	Udográfica	1960	Ativa
Tamel (04F/02UG)	158090	515336	164	Neiva	Udométrica	1979	Ativa
Viatodos (05F/01UG)	165049	498607	83	Ave	Udométrica	1931	Ativa
Vilaça (04G/05UG)	170784	504753	140	Ave	Udométrica	1980	Ativa
Alturas do Barroso (03K/07UG)	225761	525689	1068	Douro	Udométrica	1945	Ativa
Firvidas (03K/04UG)	234068	535632	935	Douro	Udométrica	1955	Ativa

Quadro 17: Dados pluviométricos anuais (mm) disponíveis para as estações da rede climatológica da Bacia hidrográfica do Cávado, relativos ao período entre 1970 e 2000.

Ano	Algeriz	Barcelos	Bouça da Mó	Caldelas	Casais da Veiga	Cibões	Covide	Ermida	Esposende	Faria
1970		1227,5	2439,3	1404,7	1666,5		2537,3	2089,2		
1971		1319,4	2098,7	1342,9	1418		2525,3	2053,4		
1972		1471,3	1986,1	1526,6	1647,8		2828,1	2024		
1973		1597,1	2330,1	1729,6	1475,8		3321,7	2325,7		
1974		1190,5	1788,2	1201,3	1301,1		2407,6	1760,3		
1975		823,1	1096,1	935,9	1135,5		1733,1	1277,8		
1976		2312,3		2465,2	1736,7		4258,4	3372,1		
1977		2148,5		2061,8	1700		3579,2	2766,9		
1978		2436,2		2345	2003,8		4314,9	3444		
1979		1533,5		1718,3	1447,5		2932,8	2119	1046,7	
1980	1197,3	1196,3		1251,5	1285,3	1666,6	2175	1657,3	655,5	1119,8
1981	1300,4	1307		1402,8	1086,5	2179,9		2236,2	679,9	1298,2
1982	1419,7	1472		1767	1422,9	2827,1	2577,6	2678,5	893,5	1427,81
1983	1345	1498		1412,5	1562,8	2390,7	2236,6	2135,1	914	1372,8
1984	1729,5	1850,9		1891,1	1976,4	2948,6	2872,5	2823,2	1064,5	1677,7
1985	1624	1681,7		1961	1600,1	2909,7	2751,9	2349,5	1182	1669,8
1986	1190,7	1348		1399,8	1189	1837,6	2016,6	1871,3	919,5	1164,6
1987	1835,7	1926,7		2084,7	2318,8	2581,1	2809,6	2309,8	1172,1	
1988	940,9	878,6		1013	945,2	1103,8	1162,6	1071,4	633,5	1632,8
1989	1240,5	1311,5		1385,1	1677,9	1318,1	1337	1880,6	744,5	797,7
1990	1326,7	1572,2		1813,8	1626,7	1589,2	1624,1	2310,5	711,5	1201,5
1991	1033,7	1056,4		1142,5		1099	1325,4	1674,8	615,5	1446,9
1992	1118	1176,4		1259	1246,9	1458,1	1430,5	1921,5	489,5	914
1993	1487,9	1712,1		2075,1	1336,7	2773,8	2701,9	2642	663,5	1001,7
1994	1299	1343,1		1797,6	1319,6	2520,5	2704,9	2438,7	400,5	1462,6
1995	1842,6	1986,1		1991,1	1596,9	2671,3	3136,9	2625,1	640	1103,3
1996	1543,5	1501,4		1630,8		2021,5	2363,4	1972,9	411,5	1585,8
1997		1983,9		2160,8	1261,4	2975,8	3166,6	2779,4	738	1237,6
1998		1189,2		1299,6	527,3	1862,4	2022,6	1788,3		938,5
1999		1469,8		1661,8		2245,4	2779,1	1890,9	307,6	1012,1
2000		2907,4		3234,8		4961,9	5111	4241		2059,8

Quadro17: (Cont.)

Ano	Gondizalves	Gralhós	Leonte	Outeiro	Paradela do Rio	Pedra Bela	Penedo	Pincães	Pitões
1970		1061,9	2967,8	1814,5	1740,3	2722,8	2236,6	1993,3	1610,8
1971		976,6	2578,5	1474,2	1414,4	2021,2	2103	1888,3	1207,5
1972		1184,7	3059,8	2022,2	1897,5	1652,7	2317,8	2151	2019,5
1973		1266,6	3683,4	2269,2	2153,5	1581,1	2421,2	2540,3	2075,2
1974		938,5	2431,3	1662	1512,5	1333,5	1761,4	1537	1384,4
1975		627,5	1726	1262,8	1191,6	1542,4	1036,8	1251,8	897

1976		1485,1	4189,2	3046,4	2713,1	1085,7	3427,8	2974,9	2350,1
1977		1388,4	3362,4	2492	1725,8	3031,8	2981	2595,2	2370
1978		2394	4223,5	4007,8	2820,8	3743,2	4042,9	3297	2960,9
1979	1659,14575	1008	2627,7	2121,8	1395,2	2700	2347,6	1924	1782,9
1980	1224	817,5	2013,5	1615,8	1243,1	1970,5	1839,6	1591,5	1532,6
1981	1486	721	2694,5	1972,5	1708,5	2510	2138,4	1990,2	1631,5
1982	1700,9	1079,1	3149	2574,4	2204,4	3902,2	2731,4	2328,2	1712,8
1983	1629,6	1047,6	2881,8	1708,3	1776,9	2957,9	2265,1	1998,5	1540,3
1984	1986,9	1050,5	3890,1	2682,5	2494	3101,9	3255,3	2593,2	2285,4
1985	1896,7	1171,2	3538,7	2361	2481,8	2840,5	3045,6	2419,5	1753,7
1986	1392	944,7	2318	1467	1372,7	1563,7	1992,7	1638,1	1480,2
1987	1974,1	1452,5	2342,9	2377	2316,1	2057,6	2994,1	2442,7	2153,9
1988	1019,7	712,2	912,6	748,5	911,3	990,8	1502,6	731,7	938
1989	1466,9	1239,2	1762,8	1322	1154	1894,1	2201,2	962,7	1749,5
1990	1629,9	1047,2	2696,8	1282	936,2	2540,8	2368,5	1155,6	1450
1991	1195,5	821,5	2350,3	1100,5	747,2	1812,3	1821,3	887,5	1404,9
1992	1301,5	813	2545,1	983,5	834,4	2241,7	2002,8	958,4	1410,1
1993	1932,9	1371,8	3078,1	2090,5	2081,8	3159,6	2803,9	2201,4	1814
1994	1539,4	1154,7	3249,2	2181	2212,7	2843,3	2588,2	2196,6	1590,9
1995	2070,8	1485	3737,2	2479,5	2102,3	2910,3	2859,6	2447,3	2281,4
1996	1534,6	1004,8	2579,8	1665,5	1604,1	2236,3	2346,2	1789,3	1408,5
1997	2064	3044,4	3493,9	2542	2517,7	3252	2975	2470,3	
1998	1325,4	1995,1	2194,7	1656,5	1505,9	1975,5	2186,6	1729,2	925,1
1999	1633,1	2458,7	2369,7	2144	2046,8	2261,9	2363,3	1742,9	1413,5
2000		5329,1	4878,2		4936,7	4910,6	4999,3	3985,4	

Quadro17: (Cont.)

Ano	Portela do Homem	Portela do Vade	Póvoa do Varzim	Salamonde	Salto	São Bento	São Vicente	Sezelhe	Telhado
1970	2602,9	1982,6		1790,6	1625,8	2421,8	1227,7	1629,8	1770,6
1971	2487	2014,2		1785,7	1363,1	2241	1074,6	1374,9	1306,4
1972	2726,3	2098,6		2030,5	1921,5	2574,6	1349,9	1661,8	1859,3
1973	3222,9	2504		2381,6	1918,1	3202,2	1454,7	1880,2	2018,4
1974	2258,8	1808,2		1573,5	1117,2	2014,2	1031,5	1247	1528,5
1975	1686,4	1384,4		1336	1383,3	1492,6	799,6	1027	1072,2
1976	4131,3	3349,4		2978,6	2636,2	4100,3	1955	2101,6	1975,3
1977	3482,9	2841,3		2652,1	2288,2	3372,6	1822,9	1620,3	2020
1978	4417,6	3819,3		3708,9	2781	4414,5	2635,8	2053,8	2528,2
1979	2768,48	2378,3	1016,5	2111,1	1881,6	2773,8	1329,1	1073,6	1260,1
1980	1885,77	1816,3	825,5	1712,9	1203,6	2090	1001,3	1131,1	1101,6
1981	2705,9	2228,5	1124	2096,6	1995,8	2468,2	1160,4	995,5	1565,8
1982	3205,7	2386,2	1161,2	2396,5	2263,8	3343,7	1440,6	1543,1	1482,1
1983	2581,5	2030,8	1139	1854,1	1894,7	2330	1285,2	1701,3	1353,1
1984	3362	2592,6	1337,2	2722,4	2384,9	3145,3	1678,2	2454,8	1748,3

1985	3098,6	2461,8	962,5	2227,7	2105,8	3099,2	1501,6	2298,7	1733,7
1986	2205,4	1594,9		1656,8	1219,4	1976,7	942,2	1436,1	1068,5
1987	3531,4	2474,1		2441,6	2339,4	3085,2	1588,9	2250,3	1778,4
1988	1077,9	1223,7	703,2	814	1180,5	1508,4	781,1	977,1	831,6
1989	2070,4	1339,9	1431,1	1078,3	1671,3	1882,2	1265,4	1529,8	1619,3
1990	2769,5	1717	1143,5	1969,3	1978,6	2548,7	1237,3	1658,4	1618
1991	2057,4	1289	739	1401,2	1373,8	1618,4	956,6	1245,4	999,8
1992	2430,4	1311,9	796	1786,4	1586	2079	1090,2	1295,2	1068,6
1993		2626,1	1350	2204,2	2202,1	3343,2	1570,3	2006,1	1697,4
1994		2458,5	1206	1916,5	2087,7	3202,7	1475,4	1826	1616,2
1995		2885,9	1854	2488,1	2547,6	3330,6	1850,8	2295,1	2169
1996		2093	1088,5	1803,6	1650,7	2506,5	1145,1	1578,4	1569,7
1997		3027,7	1562,5	2520,5	2562,6	3643,3	1797,2	2314,6	2116,5
1998		1948,6	786,5	1481,6	1322,5	2202,3	1093,9	1413,2	1232,17
1999		2375,8	1172,8	1636	1332,8	2714,2	1463,8	1691,6	1443,33
2000		4597	2187,9	3905,9	3925,8	5636,4		3779,3	3297,85

Quadro 17: (Cont.)

Ano	Turiz	Ucha	Venda Nova	Viade	Vila da Ponte	Xertelo	Zebral	Seixas
1970			1923,8	1893	1812,2	2806	2858,5	
1971			1702,9	1563,4	1435,9	1644,1	2497,8	
1972			2004,9	1904,6	1682,4	1815,8	3446,2	
1973			2440,8	2270	1988,4	1494,3	3528,6	
1974			1593,3	1399,4	1025,5	1219,2	2018,5	
1975			1304,2	1175,3	1075,1	1045,7	1691,7	
1976			3031,3	2798,1	2539,3	2277,4	3540,3	
1977			2784,6	2610,4	2420,7	2227,1	3125,1	
1978			3969,4	3564,3	3261,8	3413,7	4025,5	
1979			2083,5	1950,4	1780,5	2160,8	2273,3	
1980	1150,2	1064,3	1535,3	1328,6	1349	1561,1	1868,4	1312,1
1981	1420,2	1305,4	1982,7	1869,6	1864,7	1990,4	2244,3	1627,6
1982	1630,1	1536,3	2348,2	2311,1	2077,3	2356,4	2800,6	1990,3
1983	1559,2	1450,2	1964,1	1899,1	1795,5	1971,9	2243,2	1731
1984	1965	1565,3	2598	2656,1	2339,8	2440,4	3048,3	2382,9
1985	1820,3	1427,1	2268,2	2324,8	2212,2	2351,9	2849	2038,6
1986	1421	1287,3	1589,6	1359,3	1360,7	1498,7	1847,9	1358
1987	1962,1	1826,5	2328,3	2492,9	2402,4	2254,4	2866	2085
1988	1039,1	968,2	933,8	1097,4	1126,7	881	895,4	1150,9
1989	1325,1	1236,4	2100,7	1940,6	1812,1	1239,3	1649,9	1571,4
1990	1569,1	1580	1904,5	1974,3	1586,1	2069,4	2462,1	1612,5
1991	1170,9	1026,7	1508,5	1494,8	1355,1	1574,3	1764,1	1380
1992	1229,2	1079,7		1706,2	1685,6	1788	2123,1	1448,1
1993	1764,5	1598,8		2336,4		2499,6	2934,6	2264,4
1994	1594,4	1349,2		2364,7	2158,93033	2509,3	2724,2	1765,7

1995	2184,3	1841		2757	2312,2	2550,4	3085,1	2311
1996	1484,5	1376,5		1716,7		2035,4	2136,9	1657,1
1997	2078,5	1839,1		2674,8		2731,2	3045,1	2088,7
1998	1259,5	1215,8		1595,1	1551,9	1762,7	1995,1	1056,1
1999	1518,9	1487,3		1903,6		1944,4	2458,7	1583,5
2000	2955,2	2715,7		4612,9		4630,6	5329,1	3802

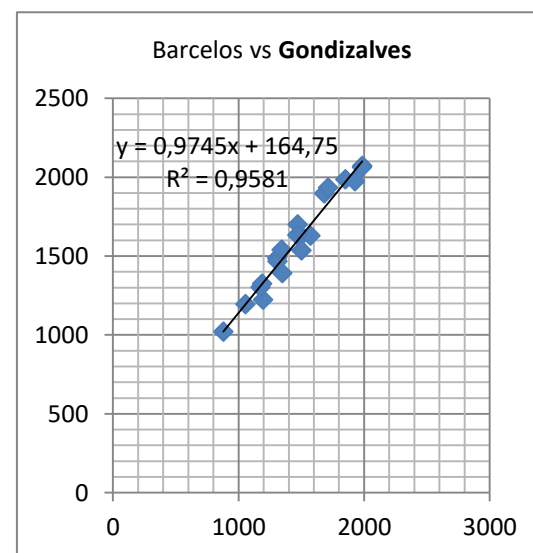
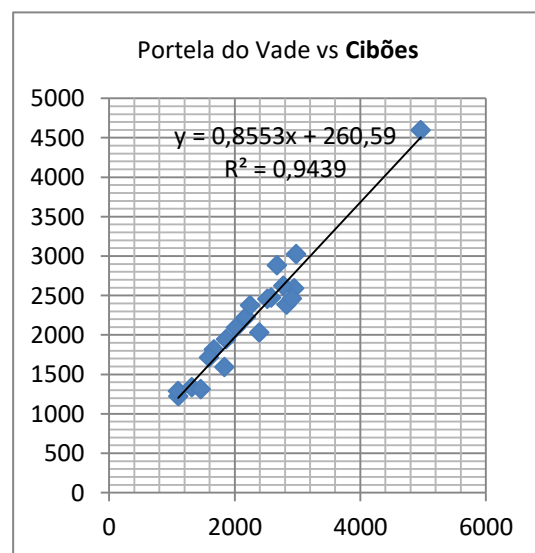
Quadro 17: (Cont.)

Ano	Calvelo	Tamel	Palme	Viatodos	Vilaça	Póvoa de Lanhoso	Alturas do Barroso	Firvidas
1970				1259,9			1677,4	1126,8
1971				1265,8			1298,1	937,8
1972				1302,3			1588,6	1170,6
1973				1615,5			1732,4	1206,8
1974				1241,9			1209,1	926,7
1975				980,9			1052,7	818,1
1976				2435,5			2384,2	1558,2
1977				1953,3			2201,5	1518,5
1978				2293,7			2840,9	2061,2
1979				1635,3			1548,8	1139
1980	1437,2	1520,6	1361,2	1184	963,9	1312,1	1261	812,4
1981	1574,6	1766,7	1544,1	1396,9	1454,5	1627,6	1691,7	1077,9
1982	1758,2	1986	1602,6	1493,4	1554,2	1990,3	1891,8	1320,6
1983	1727,5	1990	1516,1	1933,7	1596,2	1731	1678,8	1236,4
1984	2230	2574	1991,3	2202,5	1944,1	2382,9	2267,1	1531,7
1985	2102,1	2438	1807,6	2060,1	1883,7	2038,6	1949,7	1168,9
1986	1594,7	1684,5	1171,5	1571,4	1341,2	1358	1331,1	913,2
1987	2213,5	2545	1616,2	2243,3	1967,6	2085	2218,4	1459,4
1988	1141,9	1053	884,5	920,8	940,1	1150,9	1055,3	720,4
1989	1539,5	1731	1331,5	1694,8	1466,8	1571,4	1752,6	1235,9
1990	1493,5	2205	1606,5	1810,5	1590	1612,5	1704,5	1023
1991	858	1302,5	831,3	1218,8	1153,9	1380	1203,6	482,7
1992	1526,1	1663,8	1165	1661,5	1291,5	1448,1	1409,6	461,2
1993	2196,5	2156,6	1936,5	2237,3	1954	2264,4	1923,1	1269,5
1994	2044,5	1843	1435	1551,4	1551,6	1765,7	1173,8	1219,31
1995	2281,8	2328	2038	2347,4	1961,6	2311	1657,7	1697,1
1996	1752,5	1585	1450	1473	1561,3	1657,1		1013,2
1997	2509,9	2361,5		1805,1	2118,9	2088,7		1635,3
1998	942		976	1217,6	1303,6	1056,1		761,5
1999	1444,1	1709,1	1059,5	1590,3	1542,6	1583,5		499,7
2000	3370	3790,5		2856,4		3802		2538,8

Quadro 18: Tratamento dos dados de precipitação média anual para a área em estudo

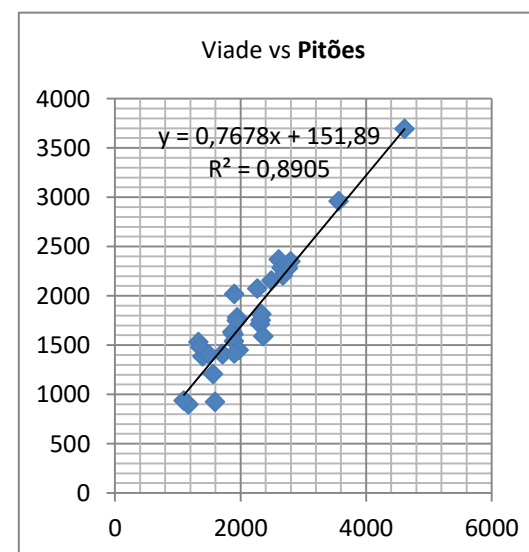
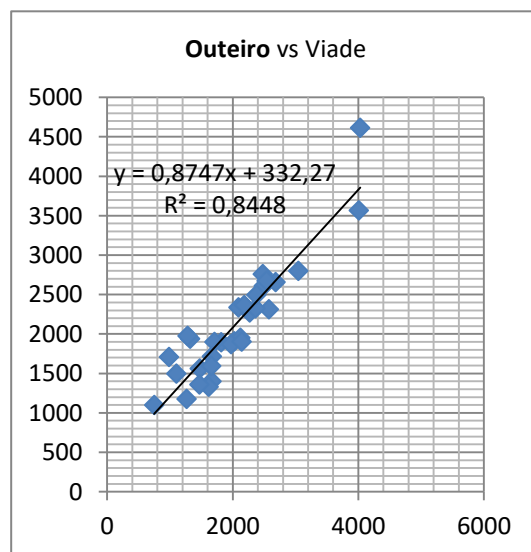
Ano	Algeriz	Barcelos	Bouça da Mó	Caldelas	Casais da Veiga	Cibões	Covide	Ermida	Esposende	Faria	Gondizalves	Gralhós
1970		1227,5	2439,3	1404,7	1666,5	1956,308	2537,3	2089,2			1360,94875	1061,9
1971		1319,4	2098,7	1342,9	1418	1983,335	2525,3	2053,4			1450,5053	976,6
1972		1471,3	1986,1	1526,6	1647,8	2055,523	2828,1	2024			1598,53185	1184,7
1973		1597,1	2330,1	1729,6	1475,8	2402,261	3321,7	2325,7			1721,12395	1266,6
1974		1190,5	1788,2	1201,3	1301,1	1807,143	2407,6	1760,3			1324,89225	938,5
1975		823,1	1096,1	935,9	1135,5	1444,667	1733,1	1277,8			966,86095	627,5
1976		2312,3		2465,2	1736,7	3125,332	4258,4	3372,1			2418,08635	1485,1
1977		2148,5		2061,8	1700	2690,754	3579,2	2766,9			2258,46325	1388,4
1978		2436,2		2345	2003,8	3527,237	4314,9	3444			2538,8269	2394
1979		1533,5		1718,3	1447,5	2294,75	2932,8	2119	1046,7		1659,14575	1008
1980	1197,3	1196,3		1251,5	1285,3	1666,6	2175	1657,3	655,5	1119,8	1224	817,5
1981	1300,4	1307		1402,8	1086,5	2179,9	2650,776	2236,2	679,9	1298,2	1486	721
1982	1419,7	1472		1767	1422,9	2827,1	2577,6	2678,5	893,5	1427,81	1700,9	1079,1
1983	1345	1498		1412,5	1562,8	2390,7	2236,6	2135,1	914	1372,8	1629,6	1047,6
1984	1729,5	1850,9		1891,1	1976,4	2948,6	2872,5	2823,2	1064,5	1677,7	1986,9	1050,5
1985	1624	1681,7		1961	1600,1	2909,7	2751,9	2349,5	1182	1669,8	1896,7	1171,2
1986	1190,7	1348		1399,8	1189	1837,6	2016,6	1871,3	919,5	1164,6	1392	944,7
1987	1835,7	1926,7		2084,7	2318,8	2581,1	2809,6	2309,8	1172,1		1974,1	1452,5
1988	940,9	878,6		1013	945,2	1103,8	1162,6	1071,4	633,5	1632,8	1019,7	712,2
1989	1240,5	1311,5		1385,1	1677,9	1318,1	1337	1880,6	744,5	797,7	1466,9	1239,2
1990	1326,7	1572,2		1813,8	1626,7	1589,2	1624,1	2310,5	711,5	1201,5	1629,9	1047,2
1991	1033,7	1056,4		1142,5		1099	1325,4	1674,8	615,5	1446,9	1195,5	821,5
1992	1118	1176,4		1259	1246,9	1458,1	1430,5	1921,5	489,5	914	1301,5	813
1993	1487,9	1712,1		2075,1	1336,7	2773,8	2701,9	2642	663,5	1001,7	1932,9	1371,8
1994	1299	1343,1		1797,6	1319,6	2520,5	2704,9	2438,7	400,5	1462,6	1539,4	1154,7

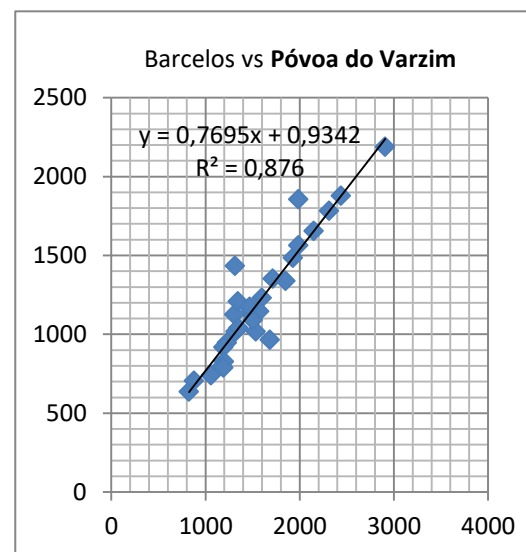
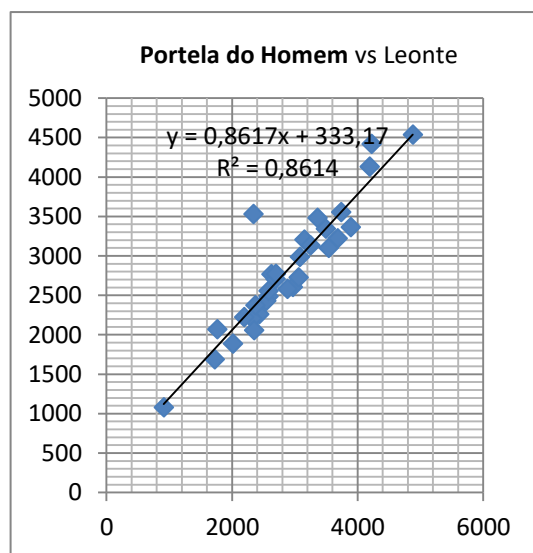
1995	1842,6	1986,1		1991,1	1596,9	2671,3	3136,9	2625,1	640	1103,3	2070,8	1485
1996	1543,5	1501,4		1630,8		2021,5	2363,4	1972,9	411,5	1585,8	1534,6	1004,8
1997		1983,9		2160,8	1261,4	2975,8	3166,6	2779,4	738	1237,6	2064	3044,4
1998		1189,2		1299,6	527,3	1862,4	2022,6	1788,3		938,5	1325,4	1995,1
1999		1469,8		1661,8		2245,4	2779,1	1890,9	307,6	1012,1	1633,1	2458,7
2000		2907,4		3234,8		4961,9	5111	4241		2059,8	2998,0113	5329,1
Média	1380,888	1562,1968	1956,416667	1689,2484	1463,448148	2297,723	2625,644	2275,174	744,165	1306,251	1687,074084	1390,0677
Mediana	1326,7	1472	2042,4	1661,8	1447,5	2245,4	2650,776	2135,1	695,7	1267,9	1629,6	1079,1
Desvio padrão		452,50127	440,1482342	474,70373	347,9123244	775,9859	877,5321	628,6362	244,3693031	310,2389	443,756494	895,67811



Ano	Leonte	Outeiro	Paradela do Rio	Pedra Bela	Penedo	Pincães	Pitões	Portela do Homem	Portela do Vade	Póvoa do Varzim	Salamonde
1970	2967,8	1814,5	1740,3	2722,8	2236,6	1993,3	1610,8	2602,9	1982,6	945,49055	1790,6
1971	2578,5	1474,2	1414,4	2021,2	2103	1888,3	1207,5	2487	2014,2	1016,2076	1785,7
1972	3059,8	2022,2	1897,5	1652,7	2317,8	2151	2019,5	2726,3	2098,6	1133,09465	2030,5
1973	3683,4	2269,2	2153,5	1581,1	2421,2	2540,3	2075,2	3222,9	2504	1229,89775	2381,6
1974	2431,3	1662	1512,5	1333,5	1761,4	1537	1384,4	2258,8	1808,2	917,01905	1573,5
1975	1726	1262,8	1191,6	1542,4	1036,8	1251,8	897	1686,4	1384,4	634,30475	1336
1976	4189,2	3046,4	2713,1	1085,7	3427,8	2974,9	2350,1	4131,3	3349,4	1780,24415	2978,6
1977	3362,4	2492	1725,8	3031,8	2981	2595,2	2370	3482,9	2841,3	1654,20005	2652,1
1978	4223,5	4007,8	2820,8	3743,2	4042,9	3297	2960,9	4417,6	3819,3	1875,5852	3708,9
1979	2627,7	2121,8	1395,2	2700	2347,6	1924	1782,9	2768,48	2378,3	1016,5	2111,1
1980	2013,5	1615,8	1243,1	1970,5	1839,6	1591,5	1532,6	1885,77	1816,3	825,5	1712,9
1981	2694,5	1972,5	1708,5	2510	2138,4	1990,2	1631,5	2705,9	2228,5	1124	2096,6
1982	3149	2574,4	2204,4	3902,2	2731,4	2328,2	1712,8	3205,7	2386,2	1161,2	2396,5
1983	2881,8	1708,3	1776,9	2957,9	2265,1	1998,5	1540,3	2581,5	2030,8	1139	1854,1
1984	3890,1	2682,5	2494	3101,9	3255,3	2593,2	2285,4	3362	2592,6	1337,2	2722,4
1985	3538,7	2361	2481,8	2840,5	3045,6	2419,5	1753,7	3098,6	2461,8	962,5	2227,7
1986	2318	1467	1372,7	1563,7	1992,7	1638,1	1480,2	2205,4	1594,9	1038,2153	1656,8
1987	2342,9	2377	2316,1	2057,6	2994,1	2442,7	2153,9	3531,4	2474,1	1483,52495	2441,6
1988	912,6	748,5	911,3	990,8	1502,6	731,7	938	1077,9	1223,7	703,2	814
1989	1762,8	1322	1154	1894,1	2201,2	962,7	1749,5	2070,4	1339,9	1431,1	1078,3
1990	2696,8	1282	936,2	2540,8	2368,5	1155,6	1450	2769,5	1717	1143,5	1969,3
1991	2350,3	1100,5	747,2	1812,3	1821,3	887,5	1404,9	2057,4	1289	739	1401,2
1992	2545,1	983,5	834,4	2241,7	2002,8	958,4	1410,1	2430,4	1311,9	796	1786,4
1993	3078,1	2090,5	2081,8	3159,6	2803,9	2201,4	1814	2985,52877	2626,1	1350	2204,2
1994	3249,2	2181	2212,7	2843,3	2588,2	2196,6	1590,9	3132,96564	2458,5	1206	1916,5
1995	3737,2	2479,5	2102,3	2910,3	2859,6	2447,3	2281,4	3553,47524	2885,9	1854	2488,1

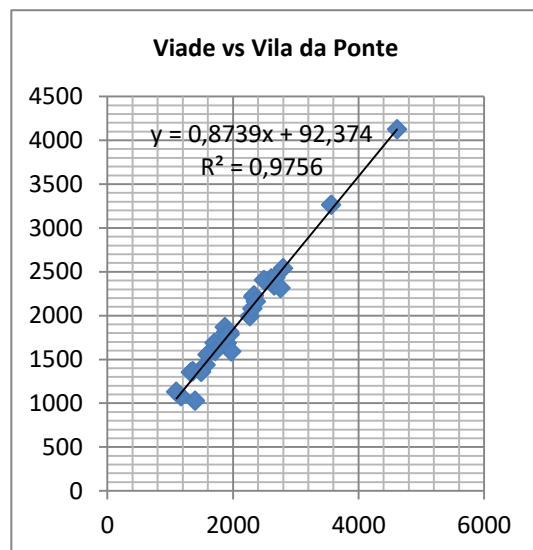
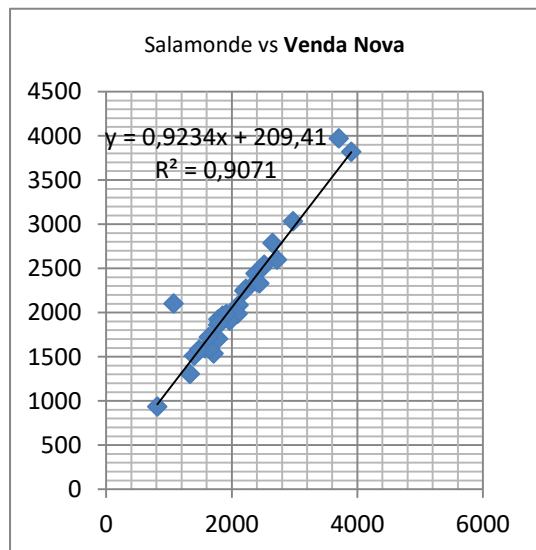
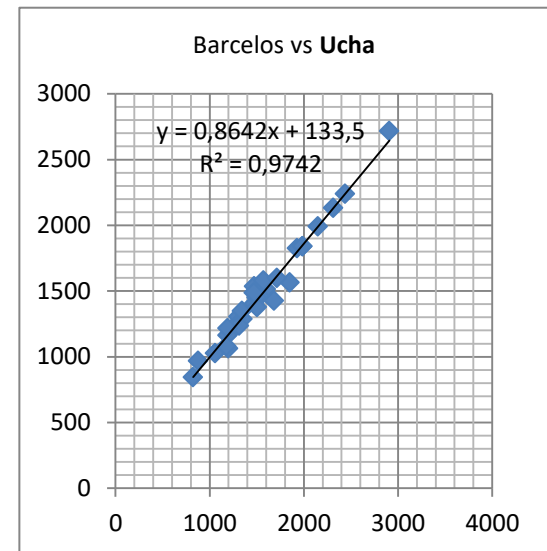
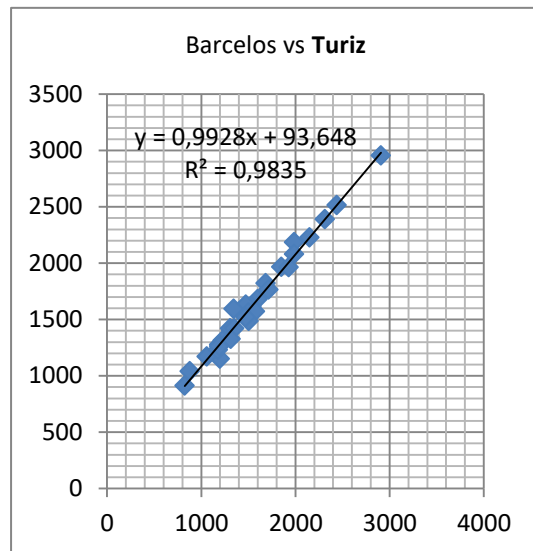
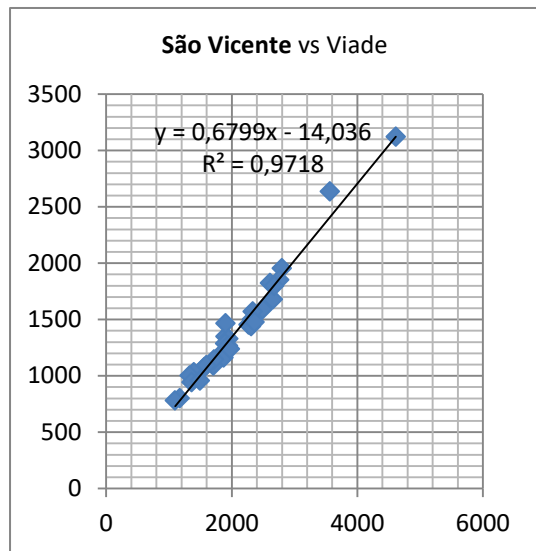
1996	2579,8	1665,5	1604,1	2236,3	2346,2	1789,3	1408,5	2556,14366	2093	1088,5	1803,6
1997	3493,9	2542	2517,7	3252	2975	2470,3	2205,611	3343,82363	3027,7	1562,5	2520,5
1998	2194,7	1656,5	1505,9	1975,5	2186,6	1729,2	925,1	2224,30299	1948,6	786,5	1481,6
1999	2369,7	2144	2046,8	2261,9	2363,3	1742,9	1413,5	2375,10049	2375,8	1172,8	1636
2000	4878,2	4030,2014	4936,7	4910,6	4999,3	3985,4	3693,685	4536,67494	4597	2187,9	3905,9
Média	2887,952	2037,3259	1863,009677	2430,577419	2514,7355	2013,323	1775,287	2821,756947	2279,341935	1203,054323	2079,445161
Mediana	2696,8	2022,2	1740,3	2261,9	2347,6	1993,3	1631,5	2726,3	2228,5	1139	1969,3
Desvio padrão	816,8434	746,77821	791,3753371	852,5147157	743,54632	708,574	578,2685	758,3816887	737,686035	372,0363659	658,1290661





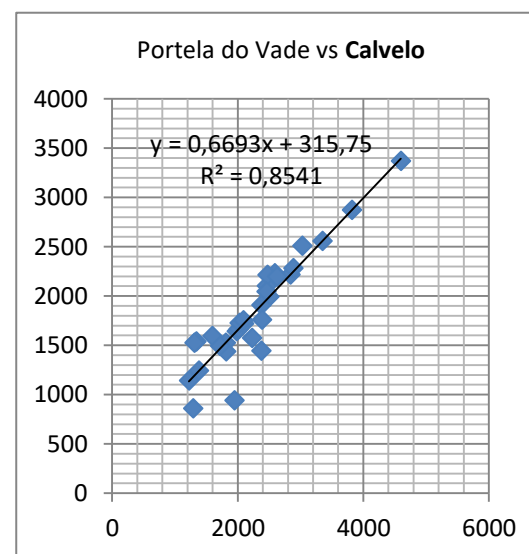
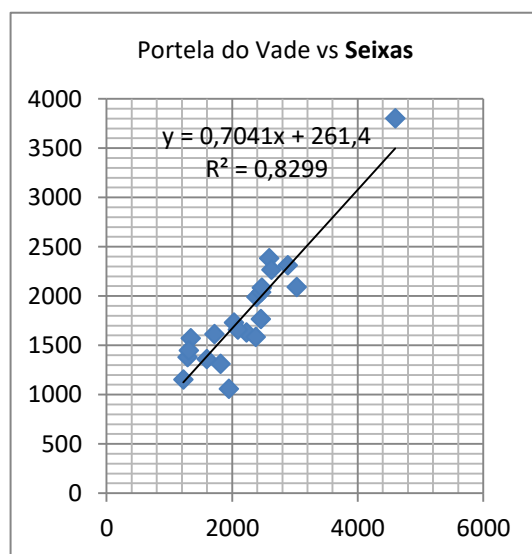
Ano	Salto	São Bento	São Vicente	Sezelhe	Telhado	Turiz	Ucha	Venda Nova	Viade	Vila da Ponte	Xertelo	Zebral
1970	1625,8	2421,8	1227,7	1629,8	1770,6	1312,32	1194,296	1923,8	1893	1812,2	2806	2858,5
1971	1363,1	2241	1074,6	1374,9	1306,4	1403,558	1273,715	1702,9	1563,4	1435,9	1644,1	2497,8
1972	1921,5	2574,6	1349,9	1661,8	1859,3	1554,365	1404,987	2004,9	1904,6	1682,4	1815,8	3446,2
1973	1918,1	3202,2	1454,7	1880,2	2018,4	1679,259	1513,704	2440,8	2270	1988,4	1494,3	3528,6
1974	1117,2	2014,2	1031,5	1247	1528,5	1275,586	1162,32	1593,3	1399,4	1025,5	1219,2	2018,5
1975	1383,3	1492,6	799,6	1027	1072,2	910,8317	844,813	1304,2	1175,3	1075,1	1045,7	1691,7
1976	2636,2	4100,3	1955	2101,6	1975,3	2389,309	2131,78	3031,3	2798,1	2539,3	2277,4	3540,3
1977	2288,2	3372,6	1822,9	1620,3	2020	2226,689	1990,224	2784,6	2610,4	2420,7	2227,1	3125,1
1978	2781	4414,5	2635,8	2053,8	2528,2	2512,317	2238,854	3969,4	3564,3	3261,8	3413,7	4025,5
1979	1881,6	2773,8	1329,1	1073,6	1260,1	1616,117	1458,741	2083,5	1950,4	1780,5	2160,8	2273,3
1980	1203,6	2090	1001,3	1131,1	1101,6	1150,2	1064,3	1535,3	1328,6	1349	1561,1	1868,4
1981	1995,8	2468,2	1160,4	995,5	1565,8	1420,2	1305,4	1982,7	1869,6	1864,7	1990,4	2244,3
1982	2263,8	3343,7	1440,6	1543,1	1482,1	1630,1	1536,3	2348,2	2311,1	2077,3	2356,4	2800,6

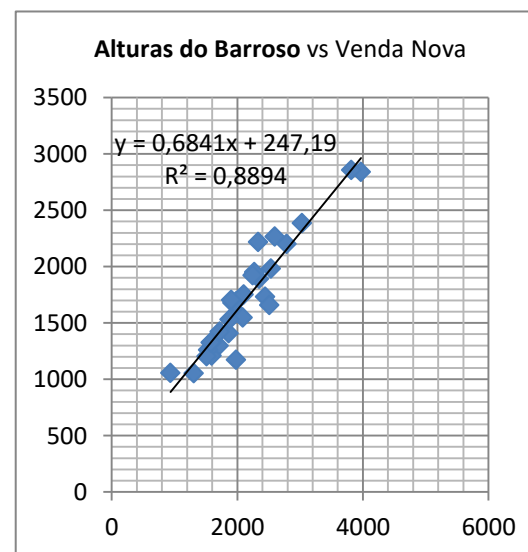
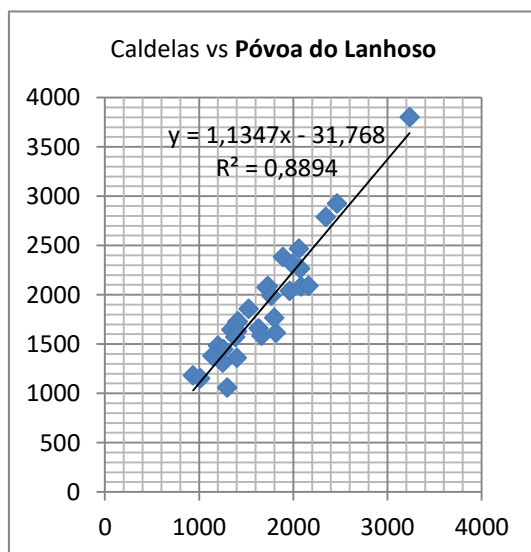
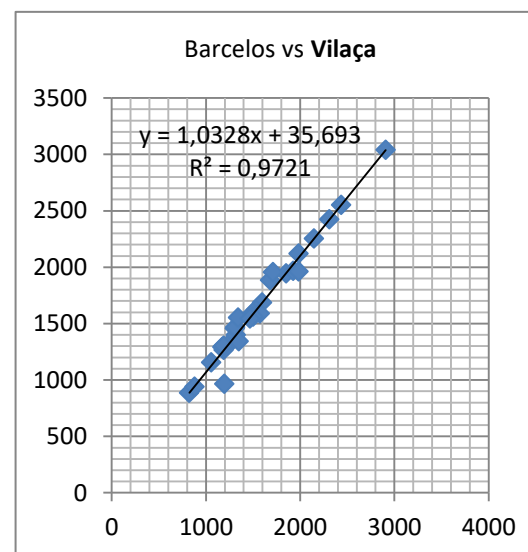
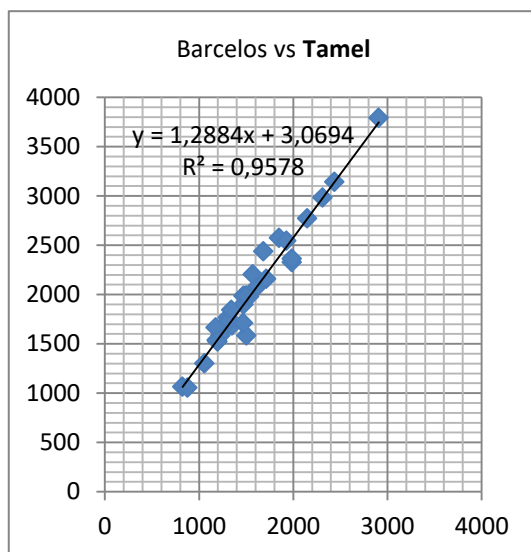
1983	1894,7	2330	1285,2	1701,3	1353,1	1559,2	1450,2	1964,1	1899,1	1795,5	1971,9	2243,2
1984	2384,9	3145,3	1678,2	2454,8	1748,3	1965	1565,3	2598	2656,1	2339,8	2440,4	3048,3
1985	2105,8	3099,2	1501,6	2298,7	1733,7	1820,3	1427,1	2268,2	2324,8	2212,2	2351,9	2849
1986	1219,4	1976,7	942,2	1436,1	1068,5	1421	1287,3	1589,6	1359,3	1360,7	1498,7	1847,9
1987	2339,4	3085,2	1588,9	2250,3	1778,4	1962,1	1826,5	2328,3	2492,9	2402,4	2254,4	2866
1988	1180,5	1508,4	781,1	977,1	831,6	1039,1	968,2	933,8	1097,4	1126,7	881	895,4
1989	1671,3	1882,2	1265,4	1529,8	1619,3	1325,1	1236,4	2100,7	1940,6	1812,1	1239,3	1649,9
1990	1978,6	2548,7	1237,3	1658,4	1618	1569,1	1580	1904,5	1974,3	1586,1	2069,4	2462,1
1991	1373,8	1618,4	956,6	1245,4	999,8	1170,9	1026,7	1508,5	1494,8	1355,1	1574,3	1764,1
1992	1586	2079	1090,2	1295,2	1068,6	1229,2	1079,7	1858,98176	1706,2	1685,6	1788	2123,1
1993	2202,1	3343,2	1570,3	2006,1	1697,4	1764,5	1598,8	2244,77828	2336,4	2228,6	2499,6	2934,6
1994	2087,7	3202,7	1475,4	1826	1616,2	1594,4	1349,2	1979,1161	2364,7	2158,93033	2509,3	2724,2
1995	2547,6	3330,6	1850,8	2295,1	2169	2184,3	1841	2506,93154	2757	2312,2	2550,4	3085,1
1996	1650,7	2506,5	1145,1	1578,4	1569,7	1484,5	1376,5	1874,86424	1716,7	1592,64313	2035,4	2136,9
1997	2562,6	3643,3	1797,2	2314,6	2116,5	2078,5	1839,1	2536,8497	2674,8	2429,92672	2731,2	3045,1
1998	1322,5	2202,3	1093,9	1413,2	1232,166	1259,5	1215,8	1577,52944	1595,1	1551,9	1762,7	1995,1
1999	1332,8	2714,2	1463,8	1691,6	1443,3342	1518,9	1487,3	1720,1024	1903,6	1755,97504	1944,4	2458,7
2000	3925,8	5636,4	3122,29571	3779,3	3297,8501	2955,2	2715,7	3816,12806	4612,9	4123,63231	4630,6	5329,1
Média	1927,271	2785,865	1423,503087	1712,616129	1627,4177	1644,569	1483,556	2129,544565	2114,352	1940,090565	2088,545	2625,052
Mediana	1918,1	2574,6	1329,1	1629,8	1616,2	1559,2	1427,1	1982,7	1940,6	1812,1	2035,4	2497,8
Desvio padrão	595,9062	882,6066	490,175243	562,6556112	490,83343	452,9984	396,1927	638,0606458	710,7128	628,8089412	714,8116	826,7572



Ano	Seixas	Calvelo	Tamel	Palme	Viatodos	Vilaça	Póvoa de Lanhoso	Alturas do Barroso	Firvidas
1970	1657,349	1642,63418	1584,5771		1259,9	1303,49	1716,068	1677,4	1126,8
1971	1679,598	1663,78406	1702,9811		1265,8	1398,40432	1645,616	1298,1	937,8
1972	1739,024	1720,27298	1898,689		1302,3	1555,28664	1855,034	1588,6	1170,6
1973	2024,466	1991,6072	2060,7697		1615,5	1685,21288	2086,454	1732,4	1206,8
1974	1534,554	1525,90826	1536,9063		1241,9	1265,2764	1484,192	1209,1	926,7
1975	1236,156	1242,25892	1063,5481		980,9	885,82568	1181,636	1052,7	818,1
1976	2619,713	2557,43342	2982,2334		2435,5	2423,87144	2925,038	2384,2	1558,2
1977	2261,959	2217,36209	2771,1935		1953,3	2254,6988	2465,162	2201,5	1518,5
1978	2950,569	2871,93749	3141,8662		2293,7	2551,83536	2788,01	2840,9	2061,2
1979	1935,961	1907,47619	1978,8275		1635,3	1619,5268	2073,572	1548,8	1139
1980	1312,1	1437,2	1520,6	1361,2	1184	963,9	1312,1	1261	812,4
1981	1627,6	1574,6	1766,7	1544,1	1396,9	1454,5	1627,6	1691,7	1077,9
1982	1990,3	1758,2	1986	1602,6	1493,4	1554,2	1990,3	1891,8	1320,6
1983	1731	1727,5	1990	1516,1	1933,7	1596,2	1731	1678,8	1236,4
1984	2382,9	2230	2574	1991,3	2202,5	1944,1	2382,9	2267,1	1531,7
1985	2038,6	2102,1	2438	1807,6	2060,1	1883,7	2038,6	1949,7	1168,9
1986	1358	1594,7	1684,5	1171,5	1571,4	1341,2	1358	1331,1	913,2
1987	2085	2213,5	2545	1616,2	2243,3	1967,6	2085	2218,4	1459,4
1988	1150,9	1141,9	1053	884,5	920,8	940,1	1150,9	1055,3	720,4
1989	1571,4	1539,5	1731	1331,5	1694,8	1466,8	1571,4	1752,6	1235,9
1990	1612,5	1493,5	2205	1606,5	1810,5	1590	1612,5	1704,5	1023
1991	1380	858	1302,5	831,3	1218,8	1153,9	1380	1203,6	482,7
1992	1448,1	1526,1	1663,8	1165	1661,5	1291,5	1448,1	1409,6	461,2
1993	2264,4	2196,5	2156,6	1936,5	2237,3	1954	2264,4	1923,1	1269,5
1994	1765,7	2044,5	1843	1435	1551,4	1551,6	1765,7	1173,8	1219,31
1995	2311	2281,8	2328	2038	2347,4	1961,6	2311	1657,7	1697,1

1996	1657,1	1752,5	1585	1450	1473	1561,3	1657,1	1529,794627	1013,2
1997	2088,7	2509,9	2361,5		1805,1	2118,9	2088,7	1982,65888	1635,3
1998	1056,1	942	1535,2314	976	1217,6	1303,6	1056,1	1326,38789	761,5
1999	1583,5	1444,1	1709,1	1059,5	1590,3	1542,6	1583,5	1423,922052	499,7
2000	3802	3370	3790,5		2856,4	3038,49072	3802	2857,813206	2538,8
Média	1866,331	1841,2508	2015,8266	1438,126	1692,074	1649,1361	1885,086516	1704,002473	1178,768
Mediana	1731	1727,5	1727,5	1898,689	1450	1615,5	1555,28664	1731	1677,4
Desvio padrão	555,0233	534,2288502	534,22885	595,7258	351,6834	461,782821	473,9942862	571,1845995	462,8366





Anexo 3: Tratamento dos dados de temperatura média mensal e cálculo da ETR para a Bacia Hidrográfica do

Cávado

Quadro 19: Dados de temperatura (°C), ETP e ETR para a bacia hidrográfica do Cávado.

NOME	COORD_ X	COORD_Y	ALTITUD E (M)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	ETP	ETR
PITÕES	215207	541240	1077	3,80	4,13	6,31	7,56	10,47	13,42	16,20	16,01	15,49	10,35	6,35	4,58	679,59	594,48
CASAIS DA VEIGA (EX: PADORNELOS)	231232	543452	1065	3,65	4,14	6,46	7,76	10,76	13,94	16,79	16,62	17,63	10,49	6,31	4,42	692,25	570,38
PORTELA DO VADE	176401	527686	219	7,99	8,92	11,10	12,43	14,89	18,28	20,23	20,19	14,96	14,86	11,43	9,21	824,08	709,44
CALDELAS	179274	521970	93	8,53	9,65	11,89	13,24	15,69	19,27	21,16	21,15	19,78	15,61	12,14	9,80	875,63	690,25
COVIDE (EX. JUNCEDA)	196975	530425	895	4,87	5,24	7,33	8,56	11,32	14,25	16,81	16,65	15,01	11,33	7,52	5,74	706,24	667,76
SÃO BENTO DA PORTA ABERTA	193706	525190	357	7,22	8,18	10,44	11,78	14,37	17,86	20,01	19,96	19,11	14,25	10,57	8,35	821,64	745,22
CIBÕES	187387	531053	531	6,52	7,20	9,35	10,64	13,25	16,44	18,68	18,58	18,96	13,22	9,61	7,58	780,15	631,34
PORTELA DO HOMEM	199864	538446	844	4,99	5,43	7,57	8,84	11,59	14,59	17,12	16,96	18,05	11,54	7,75	5,90	722,15	687,68
LEONTE	198824	532893	874	4,92	5,32	7,44	8,69	11,45	14,42	16,97	16,81	19,23	11,43	7,61	5,80	720,99	701,61
XERTELO	210148	529352	711	5,50	6,21	8,48	9,78	12,57	15,89	18,38	18,27	19,95	12,41	8,48	6,45	760,58	672,50
PEDRA BELA	199864	526722	714	5,63	6,24	8,42	9,69	12,42	15,60	18,04	17,93	19,44	12,35	8,53	6,58	754,02	698,13
ERMIDA	201251	525488	337	7,22	8,27	10,60	11,96	14,60	18,21	20,39	20,35	20,28	14,40	10,64	8,35	835,42	725,61
PINCÃES	206675	526166	479	6,55	7,49	9,82	11,16	13,86	17,40	19,70	19,64	20,39	13,66	9,81	7,60	808,32	681,44
SALAMONDE	203564	523329	600	6,09	6,88	9,13	10,43	13,15	16,51	18,90	18,81	20,35	13,02	9,16	7,09	782,47	680,87
SEZELHE	221735	538077	969	4,21	4,72	7,00	8,29	11,21	14,38	17,11	16,96	20,58	11,00	6,93	5,03	715,50	597,17

OUTEIRO	215690	535586	845	4,82	5,42	7,69	8,99	11,84	15,07	17,69	17,55	20,48	11,66	7,67	5,70	737,05	611,00
PARADELA DO RIO	215688	532293	834	4,89	5,51	7,78	9,08	11,93	15,18	17,79	17,66	20,51	11,75	7,74	5,78	740,28	618,91
VIADÉ	222388	532157	919	4,46	5,05	7,34	8,63	11,55	14,80	17,51	17,37	20,64	11,34	7,23	5,29	727,45	627,37
VILA DA PONTE	219744	527521	745	5,26	6,03	8,36	9,68	12,53	15,95	18,52	18,42	20,63	12,30	8,24	6,17	761,68	622,75
TELHADO	223330	526452	1042	3,96	4,44	6,70	7,95	10,90	14,05	16,86	16,71	20,71	10,74	6,56	4,73	706,07	571,79
VENDA NOVA	212239	522876	707	5,54	6,29	8,58	9,87	12,67	16,04	18,55	18,46	20,52	12,51	8,51	6,48	766,45	656,40
GRALHÓS	232886	534974	910	4,35	5,05	7,43	8,76	11,73	15,13	17,88	17,76	20,82	11,42	7,21	5,18	733,89	535,77
SÃO VICENTE DE CHÃ	229024	535122	901	4,43	5,10	7,46	8,78	11,72	15,08	17,81	17,67	20,75	11,44	7,28	5,27	661,17	553,27
UCHA	167940	511861	52	8,91	9,99	12,15	13,46	15,83	19,33	21,14	21,14	19,75	15,87	12,48	10,21	881,19	663,70
TURIZ	173984	517575	70	8,72	9,82	12,03	13,37	15,77	19,32	21,17	21,16	19,82	15,75	12,32	10,01	879,27	697,26
ZEBRAL	209003	521174	857	4,95	5,51	7,71	8,96	11,78	14,95	17,55	17,43	20,48	11,70	7,70	5,83	735,95	688,31
PENEDO	197474	521338	536	6,45	7,25	9,48	10,77	13,44	16,79	19,10	19,03	20,25	13,35	9,56	7,49	792,34	718,15
SALTO	215834	518410	837	4,98	5,63	7,90	9,16	12,02	15,31	17,94	17,83	20,64	11,87	7,79	5,85	744,46	633,92
PÓVOA DE VARZIM	147710	492048	18	9,44	10,40	12,40	13,62	15,87	19,19	20,88	20,90	19,53	16,13	12,88	10,76	881,65	617,38
CALVELO	165701	523379	179	8,32	9,20	11,30	12,60	14,99	18,28	20,16	20,12	19,60	15,06	11,73	9,57	845,48	687,59
PÓVOA DO LANHOSO	188882	511490	173	8,16	9,31	11,59	12,92	15,45	19,11	21,12	21,12	20,17	15,35	11,69	9,37	869,22	661,96
SEIXAS (EX. PORTUZELO)	184047	535379	364	7,23	8,06	10,24	11,58	14,12	17,43	19,52	19,45	19,85	14,05	10,54	8,38	813,94	709,86
TAMEL	158090	515336	164	8,53	9,37	11,41	12,68	15,02	18,25	20,08	20,05	19,52	15,17	11,90	9,79	846,47	711,07
VIATODOS	165049	498607	83	8,91	9,95	12,08	13,34	15,71	19,18	21,00	21,01	19,81	15,82	12,38	10,18	877,15	686,08
VILAÇA	170784	504753	140	8,56	9,58	11,73	13,01	15,42	18,89	20,78	20,78	19,87	15,48	12,00	9,80	865,65	676,32

Cálculo da Evapotranspiração potencial e real para as estações analisadas

Pitões													
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Nº de h/dia de sol	9,7	10,6	12	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,4	
K	0,835278	0,912778	1,033333	1,145278	1,24	1,291667	1,265833	1,179722	1,076389	0,964444	0,861111	0,809444	
Temperatura média	3,802704	4,126446	6,307345	7,564337	10,47197	13,42261	16,20102	16,01085	15,48712	10,35172	6,346073	4,58164	
i	0,660723	0,747725	1,421435	1,871623	3,062546	4,459691	5,929341	5,82429	5,538282	3,00946	1,43467	0,876083	
e	17,86211	19,5647	31,39136	38,43771	55,22865	72,82797	89,81407	88,64012	85,41521	54,52242	31,60623	21,98433	
ETP	14,91982	17,85822	32,43774	44,02185	68,48353	94,06947	113,6896	104,5707	91,93998	52,58384	27,21647	17,7951	679,5864
P	248,1677	192,2452	114,3433	132,4967	152,5133	72,04333	29,5	26,7	91,61667	181,0548	202,7677	286,7548	1730,204
I	34,83587												
a	1,114325												

Pitões	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
P	181,0548	202,7677	286,7548	248,1677	192,2452	114,3433	132,4967	152,5133	72,04333	29,5	26,7	91,61667	1730,204
ETP	52,58384	27,21647	17,7951	14,91982	17,85822	32,43774	44,02185	68,48353	94,06947	113,6896	104,5707	91,93998	679,5864
P-ETP	128,471	175,5513	268,9597	233,2479	174,3869	81,90559	88,47482	84,0298	-22,0261	-84,1896	-77,8707	-0,32332	1050,617
L	0	0	0	0	0	0	0	0	-22,0261	-106,216	-184,086	-184,41	
Sso	100	100	100	100	100	100	100	100	80,23091	27,73655	4,401239	0,696135	

ΔSso	100	0	0	0	0	0	0	0	-19,7691	-52,4944	-23,3353	-3,7051	0,696135
ETR	52,58384	27,21647	17,7951	14,91982	17,85822	32,43774	44,02185	68,48353	91,81242	81,99436	50,03531	95,32177	594,4804
SH	28,471	175,5513	268,9597	233,2479	174,3869	81,90559	88,47482	84,0298	0	0	0	0	1135,027
DH	0	0	0	0	0	0	0	0	2,257043	31,69528	54,53541	-3,38179	85,10595
Casais da Veiga													
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Nº de h/dia de sol	9,7	10,6	12	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,4	
K	0,835278	0,912778	1,033333	1,145278	1,24	1,291667	1,265833	1,179722	1,076389	0,964444	0,861111	0,809444	
Temperatura média	3,650544	4,140909	6,457462	7,76154	10,76209	13,94143	16,79238	16,61931	17,63066	10,49114	6,311394	4,416137	
i	0,62111	0,751696	1,472967	1,94599	3,191912	4,723248	6,260072	6,162652	6,739229	3,071037	1,422817	0,828617	
e	15,85575	18,33783	30,62023	37,8606	55,20517	74,41981	92,24183	91,14575	97,57532	53,60456	29,82241	19,75129	
ETP	13,24395	16,73837	31,6409	43,3609	68,45441	96,12559	116,7628	107,5267	105,029	51,69862	25,68041	15,98757	692,2492
P	200,64	136,4387	99,30645	130,1161	138,1806	78,6	27,07742	28,39667	69,99	144,5548	165,3258	203,47	1422,097
I	37,19135												
a	1,153883												

Casais da Veiga	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
P	144,5548	165,3258	203,47	200,64	136,4387	99,30645	130,1161	138,1806	78,6	27,07742	28,39667	69,99	1422,097
ETP	51,69862	25,68041	15,98757	13,24395	16,73837	31,6409	43,3609	68,45441	96,12559	116,7628	107,5267	105,029	692,2492
P-ETP	92,85622	139,6454	187,4824	187,396	119,7003	67,66555	86,75523	69,72623	-17,5256	-89,6854	-79,13	-35,039	729,8475
L	0	0	0	0	0	0	0	0	-17,5256	-107,211	-186,341	-221,38	
Sso	92,85622	100	100	100	100	100	100	100	83,92423	28,72606	4,456641	0,487042	
ΔSso	92,85622	7,14378	0	0	0	0	0	0	-16,0758	-55,1982	-24,2694	-3,9696	0,487042

ETR	51,69862	25,68041	15,98757	13,24395	16,73837	31,6409	43,3609	68,45441	94,67577	82,27558	52,66609	73,9596	570,3822
SH	0	132,5016	187,4824	187,396	119,7003	67,66555	86,75523	69,72623	0	0	0	0	851,2274
DH	0	0	0	0	0	0	0	0	1,449812	34,4872	54,86058	31,06939	121,867

Portela do Vade													
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Nº de h/dia de sol	9,7	10,6	12	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,4	
K	0,835278	0,912778	1,033333	1,145278	1,24	1,291667	1,265833	1,179722	1,076389	0,964444	0,861111	0,809444	
Temperatura média	7,991042	8,923495	11,09621	12,42887	14,88653	18,27565	20,23028	20,18543	14,95757	14,86277	11,42863	9,212634	
i	2,033766	2,40364	3,343137	3,969437	5,216377	7,115981	8,299391	8,271549	5,254108	5,203774	3,495929	2,522531	
e	26,73857	31,52898	43,65429	51,71036	67,69994	91,96063	107,0276	106,6735	68,18288	67,53862	45,62143	33,06657	
ETP	22,33414	28,77896	45,10944	59,22272	83,94793	118,7825	135,4791	125,8451	73,39129	65,13725	39,28512	26,76555	824,0791
P	329,1613	264,9097	163,0355	174,2387	179,2387	86,40323	39,17742	42,28387	129,5032	228,3968	263,6774	351,2032	2251,229
I	57,12962												
a	1,493208												

Portela do Vade	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
P	228,3968	263,6774	351,2032	329,1613	264,9097	163,0355	174,2387	179,2387	86,40323	39,17742	42,28387	129,5032	2251,229
ETP	65,13725	39,28512	26,76555	22,33414	28,77896	45,10944	59,22272	83,94793	118,7825	135,4791	125,8451	73,39129	824,0791
P-ETP	163,2595	224,3923	324,4377	306,8272	236,1307	117,926	115,016	95,29078	-32,3793	-96,3017	-83,5612	56,11194	1427,15
L	0	0	0	0	0	0	0	0	-32,3793	-128,681	-212,242	0	
Sso	100	100	100	100	100	100	100	100	72,34003	19,97673	2,392039	58,50398	
ΔSso	100	0	0	0	0	0	0	0	-27,66	-52,3633	-17,5847	56,11194	58,50398

ETR	65,13725	39,28512	26,76555	22,33414	28,77896	45,10944	59,22272	83,94793	114,0632	91,54072	59,86856	73,39129	709,4449
SH	63,25953	224,3923	324,4377	306,8272	236,1307	117,926	115,016	95,29078	0	0	0	0	1483,28
DH	0	0	0	0	0	0	0	0	4,719285	43,9384	65,97653	0	114,6342

Caldelas													
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Nº de h/dia de sol	9,7	10,6	12	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,4	
K	0,835278	0,912778	1,033333	1,145278	1,24	1,291667	1,265833	1,179722	1,076389	0,964444	0,861111	0,809444	
Temperatura média	8,533572	9,64895	11,88916	13,24442	15,68916	19,27327	21,15589	21,14751	19,77783	15,61463	12,14237	9,804987	
i	2,246423	2,705591	3,711403	4,370361	5,648036	7,712263	8,881009	8,875687	8,019993	5,607461	3,83173	2,772108	
e	25,58943	31,23365	43,82698	52,21677	68,73473	95,97558	111,6439	111,5722	100,0855	68,20568	45,35152	32,0573	
ETP	21,37428	28,50938	45,28787	59,80271	85,23107	123,9685	141,3226	131,6243	107,7309	65,78059	39,0527	25,94861	875,6335
P	234,6258	191,9484	116,1806	135,3774	136,1871	62,49677	26,79355	34,60645	95,39677	181,4903	192,2129	257,3839	1664,7
I	64,38207												
a	1,622556												

Caldelas	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
P	181,5	192,2	257,4	234,6	191,9	116,2	135,4	136,2	62,5	26,8	34,6	95,4	1664,7
ETP	65,8	39,1	25,9	21,4	28,5	45,3	59,8	85,2	124,0	141,3	131,6	107,7	875,6
P-ETP	115,7	153,2	231,4	213,3	163,4	70,9	75,6	51,0	-61,5	-114,5	-97,0	-12,3	789,1
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-61,5	-176,0	-273,0	-285,4	
Sso	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	54,1	9,3	0,6	0,0	
ΔSso	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-45,9	-44,8	-8,7	-0,6	0,0

ETR	65,8	39,1	25,9	21,4	28,5	45,3	59,8	85,2	108,4	71,6	43,3	96,0	690,2
SH	15,7	153,2	231,4	213,3	163,4	70,9	75,6	51,0	0,0	0,0	0,0	0,0	974,4
DH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,6	69,8	88,3	11,8	185,4

Covide													
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Nº de h/dia de sol	9,7	10,6	12	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,4	
K	0,835278	0,912778	1,033333	1,145278	1,24	1,291667	1,265833	1,179722	1,076389	0,964444	0,861111	0,809444	
Temperatura média	4,865986	5,238749	7,333941	8,563117	11,31782	14,24732	16,80739	16,64855	15,00579	11,32773	7,516852	5,743979	
i	0,959701	1,073174	1,785995	2,258209	3,444738	4,881032	6,268549	6,179075	5,279776	3,449305	1,853864	1,233694	
e	21,2412	23,17196	34,44892	41,35161	57,44652	75,35194	91,55518	90,53621	80,10218	57,50581	35,46382	25,82804	
ETP	17,7423	21,15085	35,59721	47,35908	71,23369	97,32959	115,8936	106,8076	86,2211	55,46116	30,53829	20,90636	706,2408
P	380,4032	301,8645	195,7	202,0677	191,4129	105,6613	48,50968	50,50323	142,2613	265,1742	304,9677	409,8871	2598,413
I	38,66711												
a	1,178653												

Covide	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
P	265,2	305,0	409,9	380,4	301,9	195,7	202,1	191,4	105,7	48,5	50,5	142,3	2598,4
ETP	55,5	30,5	20,9	17,7	21,2	35,6	47,4	71,2	97,3	115,9	106,8	86,2	706,2
P-ETP	209,7	274,4	389,0	362,7	280,7	160,1	154,7	120,2	8,3	-67,4	-56,3	56,0	1892,2
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-67,4	-123,7	0,0	
Sso	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	51,0	14,8	70,8	

ΔSso	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-49,0	-36,2	56,0	70,8
ETR	55,5	30,5	20,9	17,7	21,2	35,6	47,4	71,2	97,3	97,5	86,7	86,2	667,8
SH	109,7	274,4	389,0	362,7	280,7	160,1	154,7	120,2	8,3	0,0	0,0	0,0	1859,8
DH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,4	20,1	0,0	38,5

São Bento da Porta Aberta													
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Nº de h/dia de sol	9,7	10,6	12	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,4	
K	0,835278	0,912778	1,033333	1,145278	1,24	1,291667	1,265833	1,179722	1,076389	0,964444	0,861111	0,809444	
Temperatura média	7,222789	8,177744	10,44048	11,77613	14,37473	17,86147	20,01164	19,96276	19,10773	14,25126	10,56843	8,353724	
i	1,745174	2,106137	3,04861	3,658115	4,947265	6,873247	8,16397	8,133797	7,612197	4,883072	3,105353	2,175134	
e	23,33764	28,05075	40,28066	48,14434	64,68835	89,23676	105,6019	105,22	98,61332	63,86697	41,01408	28,94956	
ETP	19,49342	25,6041	41,62335	55,13864	80,21356	115,2642	133,6744	124,1304	106,1463	61,59615	35,31768	23,43306	821,6351
P	391,3484	326,1548	196,2613	212,7387	204,671	105,8613	48,15161	49,08065	148,6419	279,9871	332,1484	444,4935	2739,539
I	56,45207												
a	1,481355												

São Bento da Porta Aberta	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
P	280,0	332,1	444,5	391,3	326,2	196,3	212,7	204,7	105,9	48,2	49,1	148,6	2739,5
ETP	61,6	35,3	23,4	19,5	25,6	41,6	55,1	80,2	115,3	133,7	124,1	106,1	821,6
P-ETP	218,4	296,8	421,1	371,9	300,6	154,6	157,6	124,5	-9,4	-85,5	-75,0	42,5	1917,9
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-9,4	-94,9	-170,0	0,0	
Sso	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	91,0	35,2	6,4	48,9	

ΔSso	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-9,0	-55,8	-28,8	42,5	48,9
ETR	61,6	35,3	23,4	19,5	25,6	41,6	55,1	80,2	114,8	103,9	77,9	106,1	745,2
SH	118,4	296,8	421,1	371,9	300,6	154,6	157,6	124,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1945,4
DH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	29,7	46,3	0,0	76,4

Cibões													
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Nº de h/dia de sol	9,7	10,6	12	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,4	
K	0,835278	0,912778	1,033333	1,145278	1,24	1,291667	1,265833	1,179722	1,076389	0,964444	0,861111	0,809444	
Temperatura média	6,515904	7,199805	9,349543	10,64325	13,24624	16,43738	18,67693	18,57803	18,96444	13,21913	9,605304	7,579082	
i	1,493197	1,736773	2,579503	3,138702	4,37127	6,060799	7,353868	7,294995	7,525938	4,357734	2,687084	1,87715	
e	23,03177	26,42806	37,88307	45,29119	61,23003	82,44295	98,31148	97,59478	100,4033	61,05741	39,31861	28,36564	
ETP	19,23793	24,12295	39,14584	51,87099	75,92524	106,4888	124,446	115,1347	108,073	58,88648	33,85769	22,96041	780,15
P	249,89	131,9806	81,69677	136,8839	114,9419	49,58387	25,70645	32,78387	97,34839	165,3806	196,5839	261,0548	1543,835
I	50,47701												
a	1,378164												

Cibões	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
P	165,4	196,6	261,1	249,9	132,0	81,7	136,9	114,9	49,6	25,7	32,8	97,3	1543,8
ETP	58,9	33,9	23,0	19,2	24,1	39,1	51,9	75,9	106,5	124,4	115,1	108,1	780,1
P-ETP	106,5	162,7	238,1	230,7	107,9	42,6	85,0	39,0	-56,9	-98,7	-82,4	-10,7	763,7
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-56,9	-155,6	-238,0	-248,7	

Sso	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	56,6	11,9	1,1	0,1	
ΔSso	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-43,4	-44,7	-10,8	-1,0	0,1
ETR	58,9	33,9	23,0	19,2	24,1	39,1	51,9	75,9	93,0	70,4	43,6	98,4	631,3
SH	6,5	162,7	238,1	230,7	107,9	42,6	85,0	39,0	0,0	0,0	0,0	0,0	912,4
DH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,5	54,1	71,5	9,7	148,8

	Portela do Homem												
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Nº de h/dia de sol	9,7	10,6	12	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,4	
K	0,835278	0,912778	1,033333	1,145278	1,24	1,291667	1,265833	1,179722	1,076389	0,964444	0,861111	0,809444	
Temperatura média	4,989579	5,429033	7,568833	8,836949	11,59304	14,59328	17,12186	16,96445	18,04543	11,53871	7,749938	5,896007	
i	0,996846	1,132737	1,873308	2,368433	3,572351	5,06159	6,446967	6,357443	6,980705	3,547034	1,941587	1,283465	
e	20,27286	22,48564	33,80723	40,88584	57,05095	75,6722	92,06764	91,02991	98,19942	56,72299	34,8027	24,88201	
ETP	16,93347	20,5244	34,93414	46,82564	70,74317	97,74326	116,5423	107,39	105,7008	54,70617	29,96899	20,14061	722,1529
P	422,736	347,072	209,1988	193,9333	204,9917	123,5625	56,46667	49,92083	131,6417	293,57	284,2208	431,8042	2749,118
I	41,56247												
a	1,227279												

Portela do Homem	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
P	293,6	284,2	431,8	422,7	347,1	209,2	193,9	205,0	123,6	56,5	49,9	131,6	2749,1
ETP	54,7	30,0	20,1	16,9	20,5	34,9	46,8	70,7	97,7	116,5	107,4	105,7	722,2
P-ETP	238,9	254,3	411,7	405,8	326,5	174,3	147,1	134,2	25,8	-60,1	-57,5	25,9	2027,0
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-60,1	-117,5	0,0	

Sso	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	54,8	16,9	42,9	
ΔSso	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-45,2	-37,9	25,9	42,9
ETR	54,7	30,0	20,1	16,9	20,5	34,9	46,8	70,7	97,7	101,6	87,8	105,7	687,7
SH	138,9	254,3	411,7	405,8	326,5	174,3	147,1	134,2	25,8	0,0	0,0	0,0	2018,6
DH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,9	19,6	0,0	34,5

Leonte													
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Nº de h/dia de sol	9,7	10,6	12	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,4	
K	0,835278	0,912778	1,033333	1,145278	1,24	1,291667	1,265833	1,179722	1,076389	0,964444	0,861111	0,809444	
Temperatura média	4,915323	5,324038	7,442712	8,687449	11,44701	14,4174	16,96887	16,8126	19,22565	11,42699	7,612752	5,803295	
i	0,974472	1,099736	1,826251	2,308034	3,504446	4,969519	6,359956	6,271487	7,683436	3,495169	1,88979	1,253034	
e	19,86451	21,91259	33,06958	39,98861	56,11914	74,50762	91,02004	89,99133	106,11	55,99856	34,00015	24,3602	
ETP	16,59238	20,00132	34,1719	45,79806	69,58773	96,23901	115,2162	106,1648	114,2157	54,0075	29,27791	19,71823	720,9907
P	413,8419	327,8484	197,1129	215,9806	226,1677	121,7516	61,13871	62,85484	159,0774	301,5226	336,8226	446,0806	2870,2
I	41,63533												
a	1,228504												

Leonte	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
P	301,5	336,8	446,1	413,8	327,8	197,1	216,0	226,2	121,8	61,1	62,9	159,1	2870,2
ETP	54,0	29,3	19,7	16,6	20,0	34,2	45,8	69,6	96,2	115,2	106,2	114,2	721,0
P-ETP	247,5	307,5	426,4	397,2	307,8	162,9	170,2	156,6	25,5	-54,1	-43,3	44,9	2149,2
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-54,1	-97,4	0,0	

Sso	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	58,2	22,0	66,9	
ΔSso	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-41,8	-36,2	44,9	66,9
ETR	54,0	29,3	19,7	16,6	20,0	34,2	45,8	69,6	96,2	102,9	99,1	114,2	701,6
SH	147,5	307,5	426,4	397,2	307,8	162,9	170,2	156,6	25,5	0,0	0,0	0,0	2101,7
DH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,3	7,1	0,0	19,4

Xertelo													
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Nº de h/dia de sol	9,7	10,6	12	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,4	
K	0,835278	0,912778	1,033333	1,145278	1,24	1,291667	1,265833	1,179722	1,076389	0,964444	0,861111	0,809444	
Temperatura média	5,500207	6,211655	8,480829	9,782765	12,57015	15,88641	18,38029	18,27406	19,94743	12,40703	8,475303	6,446476	
i	1,155296	1,388914	2,225435	2,762602	4,037947	5,755891	7,177761	7,115043	8,124342	3,958883	2,223241	1,469175	
e	19,7343	23,18758	35,03717	42,34015	59,03251	80,51824	97,68894	96,94111	108,8812	58,01916	35,00691	24,35672	
ETP	16,48362	21,1651	36,20507	48,49123	73,20031	104,0027	123,6579	114,3636	117,1985	55,95626	30,14484	19,71541	760,5846
P	303,1161	231,6226	136,671	162,2968	162,4774	77,62581	41,36452	43,07419	109,7323	209,629	253,0935	325,5194	2056,223
I	47,39453												
a	1,325685												

Xertelo	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
P	209,6	253,1	325,5	303,1	231,6	136,7	162,3	162,5	77,6	41,4	43,1	109,7	2056,2
ETP	56,0	30,1	19,7	16,5	21,2	36,2	48,5	73,2	104,0	123,7	114,4	117,2	760,6
P-ETP	153,7	222,9	305,8	286,6	210,5	100,5	113,8	89,3	-26,4	-82,3	-71,3	-7,5	1295,6
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-26,4	-108,7	-180,0	-187,4	

Sso	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	76,8	25,9	4,3	0,7	
ΔSso	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-23,2	-50,9	-21,6	-3,6	0,7
ETR	56,0	30,1	19,7	16,5	21,2	36,2	48,5	73,2	100,8	92,3	64,7	113,4	672,5
SH	53,7	222,9	305,8	286,6	210,5	100,5	113,8	89,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1383,1
DH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	31,4	49,7	3,8	88,1

Pedra Bela													
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Nº de h/dia de sol	9,7	10,6	12	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,4	
K	0,835278	0,912778	1,033333	1,145278	1,24	1,291667	1,265833	1,179722	1,076389	0,964444	0,861111	0,809444	
Temperatura média	5,626663	6,239304	8,422756	9,692589	12,41958	15,59797	18,04315	17,92865	19,43998	12,35498	8,52923	6,582477	
i	1,195747	1,398284	2,202404	2,724139	3,964946	5,598408	6,979371	6,912427	7,813485	3,933762	2,244693	1,516355	
e	20,80641	23,82366	35,2987	42,42927	58,7134	79,14107	95,77851	94,98295	105,6085	58,31355	35,8845	25,55502	
ETP	17,37914	21,74571	36,47532	48,5933	72,80462	102,2239	121,2396	112,0535	113,6758	56,24018	30,90054	20,68537	754,0169
P	327,6903	261,4871	164,229	205,3097	186,4484	88,56774	49,23871	50,30645	125,4419	249,6935	291,4194	380,3935	2380,226
I	46,48402												
a	1,310258												

Pedra Bela	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
P	249,7	291,4	380,4	327,7	261,5	164,2	205,3	186,4	88,6	49,2	50,3	125,4	2380,2
ETP	56,2	30,9	20,7	17,4	21,7	36,5	48,6	72,8	102,2	121,2	112,1	113,7	754,0

P-ETP	193,5	260,5	359,7	310,3	239,7	127,8	156,7	113,6	-13,7	-72,0	-61,7	11,8	1626,2
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-13,7	-85,7	-147,4	0,0	
Sso	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	87,2	37,0	8,5	20,2	
ΔSso	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-12,8	-50,2	-28,6	11,8	20,2
ETR	56,2	30,9	20,7	17,4	21,7	36,5	48,6	72,8	101,3	99,4	78,9	113,7	698,1
SH	93,5	260,5	359,7	310,3	239,7	127,8	156,7	113,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1661,8
DH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	21,8	33,2	0,0	55,9

Ermida													
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Nº de h/dia de sol	9,7	10,6	12	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,4	
K	0,835278	0,912778	1,033333	1,145278	1,24	1,291667	1,265833	1,179722	1,076389	0,964444	0,861111	0,809444	
Temperatura média	7,217429	8,26865	10,60024	11,95962	14,59855	18,21091	20,38543	20,34852	20,28399	14,40147	10,63567	8,348097	
i	1,743214	2,141684	3,119518	3,744756	5,064355	7,077856	8,395947	8,372943	8,332772	4,961207	3,135319	2,172916	
e	22,39876	27,51541	40,06929	48,0951	65,03155	90,86899	107,7804	107,4853	106,9699	63,70779	40,27213	27,91643	
ETP	18,70919	25,11546	41,40493	55,08225	80,63912	117,3724	136,4321	126,8028	115,1412	61,44262	34,67878	22,5968	835,4177
P	321,6194	254,3581	155,5032	176,6032	175,729	84,12903	44,30645	44,94194	121,2613	240,1645	276,2387	351,9806	2246,835
I	58,26249												
a	1,513106												

Ermida	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
P	240,2	276,2	352,0	321,6	254,4	155,5	176,6	175,7	84,1	44,3	44,9	121,3	2246,8
ETP	61,4	34,7	22,6	18,7	25,1	41,4	55,1	80,6	117,4	136,4	126,8	115,1	835,4

P-ETP	178,7	241,6	329,4	302,9	229,2	114,1	121,5	95,1	-33,2	-92,1	-81,9	6,1	1411,4
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-33,2	-125,4	-207,2	0,0	
Sso	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	71,7	20,5	2,6	8,7	
ΔSso	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-28,3	-51,2	-17,9	6,1	8,7
ETR	61,4	34,7	22,6	18,7	25,1	41,4	55,1	80,6	112,4	95,6	62,8	115,1	725,6
SH	78,7	241,6	329,4	302,9	229,2	114,1	121,5	95,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1512,5
DH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	40,9	64,0	0,0	109,8

Pincães													
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Nº de h/dia de sol	9,7	10,6	12	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,4	
K	0,835278	0,912778	1,033333	1,145278	1,24	1,291667	1,265833	1,179722	1,076389	0,964444	0,861111	0,809444	
Temperatura média	6,547385	7,49169	9,816008	11,15657	13,86451	17,39532	19,70267	19,6429	20,38507	13,66455	9,807189	7,604519	
i	1,504133	1,844477	2,776827	3,370706	4,68385	6,603498	7,97389	7,937298	8,39572	4,581956	2,773051	1,886697	
e	21,2097	25,76641	38,069	45,80139	62,69027	87,00052	104,1496	103,6936	109,4	61,38845	38,0196	26,32883	
ETP	17,71599	23,51901	39,33797	52,45531	77,73593	112,3757	131,8361	122,3296	117,757	59,20575	32,7391	21,31172	808,3191
P	285,2226	235,7839	141,3419	148,9097	153,4226	76,76452	35,58387	39,5129	105,7871	205,4484	239,1097	321,6452	1988,532
I	54,3321												
a	1,444483												

Pincães	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
P	205,4	239,1	321,6	285,2	235,8	141,3	148,9	153,4	76,8	35,6	39,5	105,8	1988,5

ETP	59,2	32,7	21,3	17,7	23,5	39,3	52,5	77,7	112,4	131,8	122,3	117,8	808,3
P-ETP	146,2	206,4	300,3	267,5	212,3	102,0	96,5	75,7	-35,6	-96,3	-82,8	-12,0	1180,2
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-35,6	-131,9	-214,7	-226,6	
Sso	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	70,0	18,7	2,2	0,2	
ΔSso	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-30,0	-51,3	-16,5	-2,0	0,2
ETR	59,2	32,7	21,3	17,7	23,5	39,3	52,5	77,7	106,7	86,9	56,1	107,7	681,4
SH	46,2	206,4	300,3	267,5	212,3	102,0	96,5	75,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1306,9
DH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,7	44,9	66,3	10,0	126,9

Salamonde													
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Nº de h/dia de sol	9,7	10,6	12	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,4	
K	0,835278	0,912778	1,033333	1,145278	1,24	1,291667	1,265833	1,179722	1,076389	0,964444	0,861111	0,809444	
Temperatura média	6,091622	6,876451	9,130494	10,42786	13,14915	16,51372	18,89755	18,81467	20,3492	13,02403	9,160771	7,092871	
i	1,348482	1,620052	2,488558	3,043034	4,322855	6,103469	7,485785	7,436133	8,373363	4,26073	2,501062	1,697868	
e	20,88758	24,69487	36,53679	43,89886	60,47698	82,8517	99,81875	99,21437	110,5659	59,68333	36,7043	25,77512	
ETP	17,44693	22,54093	37,75468	50,27639	74,99145	107,0168	126,3539	117,0454	119,0119	57,56125	31,60648	20,86353	782,4696
P	304,3	241,2871	140,629	157,6097	164,1097	79,6	38,23548	41,34194	109,1194	210,3774	240,2355	331,429	2058,274
I	50,68139												
a	1,381659												

Salamonde	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
-----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-------

P	210,4	240,2	331,4	304,3	241,3	140,6	157,6	164,1	79,6	38,2	41,3	109,1	2058,3
ETP	57,6	31,6	20,9	17,4	22,5	37,8	50,3	75,0	107,0	126,4	117,0	119,0	782,5
P-ETP	152,8	208,6	310,6	286,9	218,7	102,9	107,3	89,1	-27,4	-88,1	-75,7	-9,9	1275,8
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-27,4	-115,5	-191,2	-201,1	
Sso	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	76,0	23,9	3,5	0,5	
ΔSso	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-24,0	-52,1	-20,4	-3,1	0,5
ETR	57,6	31,6	20,9	17,4	22,5	37,8	50,3	75,0	103,6	90,3	61,7	112,2	680,9
SH	52,8	208,6	310,6	286,9	218,7	102,9	107,3	89,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1376,9
DH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	36,0	55,3	6,8	101,6

Sezelhe													
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Nº de h/dia de sol	9,7	10,6	12	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,4	
K	0,835278	0,912778	1,033333	1,145278	1,24	1,291667	1,265833	1,179722	1,076389	0,964444	0,861111	0,809444	
Temperatura média	4,207587	4,724208	6,996627	8,287138	11,20762	14,37644	17,11248	16,95559	20,57519	11,00337	6,926799	5,025608	
i	0,770097	0,917685	1,66311	2,148938	3,394084	4,948158	6,441624	6,352418	8,514558	3,300876	1,638045	1,007764	
e	16,67159	19,20043	30,99575	38,10236	55,05974	74,59408	92,25097	91,22059	115,4956	53,83856	30,61892	20,70452	
ETP	13,92541	17,52572	32,02894	43,63779	68,27407	96,35069	116,7744	107,615	124,3182	51,9243	26,3663	16,75916	715,4999
P	255,2194	178,5355	104,4226	144,2742	133,5774	69,78065	27,57419	38,59677	91,20968	177,0806	200,7548	259,0935	1680,119
I	41,09736												
a	1,219462												

	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
P	177,1	200,8	259,1	255,2	178,5	104,4	144,3	133,6	69,8	27,6	38,6	91,2	1680,1
ETP	51,9	26,4	16,8	13,9	17,5	32,0	43,6	68,3	96,4	116,8	107,6	124,3	715,5
P-ETP	125,2	174,4	242,3	241,3	161,0	72,4	100,6	65,3	-26,6	-89,2	-69,0	-33,1	964,6
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-26,6	-115,8	-184,8	-217,9	
Sso	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	76,7	24,1	3,8	0,4	
ΔSso	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-23,3	-52,6	-20,3	-3,4	0,4
ETR	51,9	26,4	16,8	13,9	17,5	32,0	43,6	68,3	93,1	80,2	58,9	94,6	597,2
SH	25,2	174,4	242,3	241,3	161,0	72,4	100,6	65,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1082,5
DH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	36,6	48,7	29,7	118,3

Outeiro													
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Nº de h/dia de sol	9,7	10,6	12	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,4	
K	0,835278	0,912778	1,033333	1,145278	1,24	1,291667	1,265833	1,179722	1,076389	0,964444	0,861111	0,809444	
Temperatura média	4,821893	5,423426	7,690938	8,990009	11,84302	15,0708	17,68609	17,55049	20,4782	11,65801	7,666212	5,703923	
i	0,946566	1,130967	1,919252	2,430817	3,689618	5,314443	6,77133	6,692884	8,453865	3,602707	1,909918	1,220693	
e	18,15368	21,07613	32,84067	40,03811	56,81459	77,15513	94,53737	93,61802	113,8762	55,69009	32,70667	22,4697	
ETP	15,16337	19,23782	33,93536	45,85476	70,4501	99,65871	119,6686	110,4433	122,5751	53,71	28,16408	18,18798	737,0491
P	302,3677	249,7	135,1032	152,1645	164,1355	70,75161	28,92581	32,82581	94,11935	206,8548	244,6258	334,2355	2015,81
I	44,08306												
a	1,269704												

Outeiro	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
P	206,9	244,6	334,2	302,4	249,7	135,1	152,2	164,1	70,8	28,9	32,8	94,1	2015,8
ETP	53,7	28,2	18,2	15,2	19,2	33,9	45,9	70,5	99,7	119,7	110,4	122,6	737,0
P-ETP	153,1	216,5	316,0	287,2	230,5	101,2	106,3	93,7	-28,9	-90,7	-77,6	-28,5	1278,8
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-28,9	-119,6	-197,3	-225,7	
Sso	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	74,9	22,6	3,1	0,3	
ΔSso	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-25,1	-52,3	-19,5	-2,8	0,3
ETR	53,7	28,2	18,2	15,2	19,2	33,9	45,9	70,5	95,9	81,2	52,3	96,9	611,0
SH	53,1	216,5	316,0	287,2	230,5	101,2	106,3	93,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1404,5
DH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	38,5	58,1	25,6	126,1

Paradela do Rio													
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Nº de h/dia de sol	9,7	10,6	12	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,4	
K	0,835278	0,912778	1,033333	1,145278	1,24	1,291667	1,265833	1,179722	1,076389	0,964444	0,861111	0,809444	
Temperatura média	4,892719	5,51432	7,784791	9,078299	11,92968	15,17966	17,79042	17,66185	20,50789	11,75018	7,742384	5,77658	
i	0,967695	1,159787	1,954822	2,467051	3,730571	5,372672	6,831897	6,757285	8,472426	3,645917	1,938723	1,244311	
e	18,26402	21,27893	33,05645	40,22874	57,02621	77,57821	95,014	94,1377	113,9335	55,93238	32,82658	22,58019	
ETP	15,25553	19,42294	34,15833	46,07308	70,7125	100,2052	120,2719	111,0563	122,6368	53,94367	28,26734	18,27741	740,2809
P	253,9516	214,5935	110,3742	142,1387	138,1419	72,44194	34,77097	29,55484	96,40968	192,3774	230,0645	302,3387	1817,158
I	44,54316												

a	1,277462												
----------	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Paradela do Rio	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
P	192,4	230,1	302,3	254,0	214,6	110,4	142,1	138,1	72,4	34,8	29,6	96,4	1817,2
ETP	53,9	28,3	18,3	15,3	19,4	34,2	46,1	70,7	100,2	120,3	111,1	122,6	740,3
P-ETP	138,4	201,8	284,1	238,7	195,2	76,2	96,1	67,4	-27,8	-85,5	-81,5	-26,2	1076,9
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-27,8	-113,3	-194,8	-221,0	
Sso	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	75,8	24,4	3,5	0,4	
ΔSso	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-24,2	-51,3	-20,9	-3,1	0,4
ETR	53,9	28,3	18,3	15,3	19,4	34,2	46,1	70,7	96,7	86,1	50,5	99,5	618,9
SH	38,4	201,8	284,1	238,7	195,2	76,2	96,1	67,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1197,9
DH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	34,2	60,6	23,1	121,4

Viade													
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Nº de h/dia de sol	9,7	10,6	12	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,4	
K	0,835278	0,912778	1,033333	1,145278	1,24	1,291667	1,265833	1,179722	1,076389	0,964444	0,861111	0,809444	
Temperatura média	4,455372	5,048389	7,342476	8,631729	11,54548	14,79627	17,50521	17,36764	20,64154	11,33545	7,229047	5,29008	
i	0,839788	1,014688	1,789143	2,285659	3,550187	5,168566	6,666758	6,587596	8,556158	3,452864	1,747464	1,089134	
e	17,05789	19,93472	31,80679	38,91736	55,93515	76,21851	93,9996	93,07914	115,4504	54,66889	31,19513	21,132	
ETP	14,24807	18,19597	32,86701	44,57119	69,35959	98,44891	118,9878	109,8075	124,2695	52,7251	26,86247	17,10518	727,4483
P	306,7871	249,0097	136,5323	162,7065	154,4613	77,60645	29,69677	38,93548	105,8	210,5774	239,2677	359,8613	2071,242

I	42,74801												
a	1,247218												

Viade	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
P	210,6	239,3	359,9	306,8	249,0	136,5	162,7	154,5	77,6	29,7	38,9	105,8	2071,2
ETP	52,7	26,9	17,1	14,2	18,2	32,9	44,6	69,4	98,4	119,0	109,8	124,3	727,4
P-ETP	157,9	212,4	342,8	292,5	230,8	103,7	118,1	85,1	-20,8	-89,3	-70,9	-18,5	1343,8
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-20,8	-110,1	-181,0	-199,5	
Sso	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	81,2	27,0	4,4	0,6	
ΔSso	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-18,8	-54,2	-22,6	-3,8	0,6
ETR	52,7	26,9	17,1	14,2	18,2	32,9	44,6	69,4	96,4	83,9	61,5	109,6	627,4
SH	57,9	212,4	342,8	292,5	230,8	103,7	118,1	85,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1443,3
DH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	35,1	48,3	14,7	100,1

Vila da Ponte													
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Nº de h/dia de sol	9,7	10,6	12	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,4	
K	0,835278	0,912778	1,033333	1,145278	1,24	1,291667	1,265833	1,179722	1,076389	0,964444	0,861111	0,809444	
Temperatura média	5,257708	6,030284	8,364709	9,677269	12,53203	15,95017	18,52147	18,42203	20,63113	12,30091	8,238164	6,173322	
i	1,079059	1,327978	2,179465	2,717623	4,019426	5,790902	7,261398	7,202454	8,549628	3,90773	2,12974	1,375958	
e	18,5178	22,21624	34,31008	41,63877	58,69627	80,85908	98,61453	97,91194	113,8053	57,26289	33,6224	22,91886	

ETP	15,4675	20,27849	35,45375	47,68796	72,78338	104,443	124,8296	115,5089	122,4988	55,22688	28,95262	18,55154	761,6823
P	268,1655	227,4567	135,3633	155,4967	141,39	71,54333	34,16667	36,62667	86,26207	202,3133	202,8179	319,1414	1880,743
I	47,54136												
a	1,328176												

Vila da Ponte	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
P	202,3	202,8	319,1	268,2	227,5	135,4	155,5	141,4	71,5	34,2	36,6	86,3	1880,7
ETP	55,2	29,0	18,6	15,5	20,3	35,5	47,7	72,8	104,4	124,8	115,5	122,5	761,7
P-ETP	147,1	173,9	300,6	252,7	207,2	99,9	107,8	68,6	-32,9	-90,7	-78,9	-36,2	1119,1
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-32,9	-123,6	-202,4	-238,7	
Sso	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	72,0	20,9	2,8	0,3	
ΔSso	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-28,0	-51,0	-18,2	-2,5	0,3
ETR	55,2	29,0	18,6	15,5	20,3	35,5	47,7	72,8	99,6	85,2	54,8	88,8	622,7
SH	47,1	173,9	300,6	252,7	207,2	99,9	107,8	68,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1257,7
DH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9	39,6	60,7	33,7	138,9

Telhado													
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Nº de h/dia de sol	9,7	10,6	12	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,4	
K	0,835278	0,912778	1,033333	1,145278	1,24	1,291667	1,265833	1,179722	1,076389	0,964444	0,861111	0,809444	
Temperatura média	3,964954	4,443095	6,698313	7,94659	10,89975	14,04733	16,85859	16,7063	20,71167	10,73756	6,560917	4,734523	

i	0,703869	0,836287	1,556937	2,016662	3,25393	4,77767	6,297481	6,211553	8,600208	3,180903	1,508842	0,92072	
e	16,09506	18,44882	30,17756	37,03828	54,09588	73,32304	91,2464	90,25919	116,7825	53,13234	29,43704	19,90872	
ETP	13,44385	16,83967	31,18348	42,41912	67,07889	94,70893	115,5027	106,4808	125,7034	51,24319	25,34856	16,115	706,0676
P	225,3032	177,8581	102,2097	130,7226	136,8133	70,04	23,48621	28,07667	86,85	173,2774	194,4935	266,7774	1615,908
I	39,86506												
a	1,198764												

Telhado	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
P	173,3	194,5	266,8	225,3	177,9	102,2	130,7	136,8	70,0	23,5	28,1	86,9	1615,9
ETP	51,2	25,3	16,1	13,4	16,8	31,2	42,4	67,1	94,7	115,5	106,5	125,7	706,1
P-ETP	122,0	169,1	250,7	211,9	161,0	71,0	88,3	69,7	-24,7	-92,0	-78,4	-38,9	909,8
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-24,7	-116,7	-195,1	-233,9	
Sso	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	78,1	24,3	3,5	0,3	
ΔSso	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-21,9	-53,8	-20,9	-3,1	0,3
ETR	51,2	25,3	16,1	13,4	16,8	31,2	42,4	67,1	91,9	77,3	48,9	90,0	571,8
SH	22,0	169,1	250,7	211,9	161,0	71,0	88,3	69,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1043,8
DH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	38,2	57,5	35,7	134,3

Venda Nova													
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Nº de h/dia de sol	9,7	10,6	12	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,4	
K	0,835278	0,912778	1,033333	1,145278	1,24	1,291667	1,265833	1,179722	1,076389	0,964444	0,861111	0,809444	

Temperatura média	5,540342	6,292231	8,577877	9,869768	12,67114	16,04094	18,54993	18,4564	20,52473	12,50624	8,514441	6,479108	
i	1,168083	1,416282	2,264104	2,799885	4,087165	5,840867	7,278293	7,222806	8,482961	4,00691	2,238803	1,480449	
e	19,47941	23,10367	35,00447	42,249	59,062	81,02672	98,45807	97,79303	112,7615	58,03374	34,65781	24,02834	
ETP	16,27072	21,08852	36,17128	48,38684	73,23688	104,6595	124,6315	115,3686	121,3753	55,97032	29,84422	19,4496	766,4533
P	318,9292	270,9083	172,3083	147,0917	144	93,76957	32,83913	38,87391	91,15652	203,7696	217,0304	337,1435	2067,82
I	48,28661												
a	1,340831												

Venda Nova	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
P	203,8	217,0	337,1	318,9	270,9	172,3	147,1	144,0	93,8	32,8	38,9	91,2	2067,8
ETP	56,0	29,8	19,4	16,3	21,1	36,2	48,4	73,2	104,7	124,6	115,4	121,4	766,5
P-ETP	147,8	187,2	317,7	302,7	249,8	136,1	98,7	70,8	-10,9	-91,8	-76,5	-30,2	1301,4
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-10,9	-102,7	-179,2	-209,4	
Sso	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	89,7	32,1	5,4	0,7	
ΔSso	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-10,3	-57,6	-26,8	-4,7	0,7
ETR	56,0	29,8	19,4	16,3	21,1	36,2	48,4	73,2	104,1	90,4	65,6	95,9	656,4
SH	47,8	187,2	317,7	302,7	249,8	136,1	98,7	70,8	0,0	0,0	0,0	0,0	1410,8
DH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	34,2	49,7	25,5	110,1

Gralhós													
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano

Nº de h/dia de sol	9,7	10,6	12	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,4	
K	0,835278	0,912778	1,033333	1,145278	1,24	1,291667	1,265833	1,179722	1,076389	0,964444	0,861111	0,809444	
Temperatura média	4,350471	5,050685	7,434482	8,758242	11,73207	15,12966	17,88377	17,75561	20,82359	11,41916	7,206622	5,178373	
i	0,810034	1,015387	1,823194	2,336569	3,637411	5,345901	6,886247	6,811666	8,670671	3,491542	1,739263	1,054504	
e	16,14487	19,49063	31,74726	39,04036	56,45816	77,82409	96,11002	95,24162	116,4605	54,56459	30,52433	20,1145	
ETP	13,48545	17,79062	32,8055	44,71206	70,00811	100,5228	121,6593	112,3587	125,3568	52,62451	26,28484	16,28157	733,8901
P	172,5677	126,8581	92,46452	126,4742	96,80645	48,98387	21,9871	22,84839	68,01613	140,8774	163,2677	225,8419	1306,994
I	43,62239												
a	1,26194												

Gralhós	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
P	140,9	163,3	225,8	172,6	126,9	92,5	126,5	96,8	49,0	22,0	22,8	68,0	1307,0
ETP	52,6	26,3	16,3	13,5	17,8	32,8	44,7	70,0	100,5	121,7	112,4	125,4	733,9
P-ETP	88,3	137,0	209,6	159,1	109,1	59,7	81,8	26,8	-51,5	-99,7	-89,5	-57,3	573,1
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-51,5	-151,2	-240,7	-298,1	
Sso	88,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	59,7	13,2	1,2	0,1	
ΔSso	88,3	11,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-40,3	-46,6	-12,0	-1,1	0,1
ETR	52,6	26,3	16,3	13,5	17,8	32,8	44,7	70,0	89,3	68,5	34,8	69,1	535,8
SH	0,0	125,2	209,6	159,1	109,1	59,7	81,8	26,8	0,0	0,0	0,0	0,0	771,2
DH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,3	53,1	77,5	56,2	198,1

São Vicente de Chã

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Nº de h/dia de sol	9,7	10,6	12	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,4	
K	0,835278	0,912778	1,033333	1,145278	1,24	1,291667	1,265833	1,179722	1,076389	0,964444	0,861111	0,809444	
Temperatura média	4,432544	5,104304	7,45995	8,776865	11,72499	15,07832	17,80538	17,67443	20,74593	11,44261	7,278478	5,26997	
i	0,833282	1,031752	1,832659	2,344096	3,63409	5,318456	6,840599	6,764572	8,621757	3,502407	1,765586	1,082872	
e	16,554	19,77822	31,91645	39,1789	56,44999	77,52222	95,60382	94,71795	115,9281	54,74096	30,94046	20,59115	
ETP	13,82719	18,05312	32,98034	44,87073	69,99799	100,1329	121,0185	111,7409	124,7837	52,79461	26,64317	16,66739	733,5105
P	200,4419	155,9581	88,06452	117,2387	106,7452	59	21,86452	27,88065	68,79355	147,671	166,3258	234,6968	1394,681
I	43,57213												
a	1,261094												

São Vicente de Chã	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
P	147,7	166,3	234,7	200,4	156,0	88,1	117,2	106,7	59,0	21,9	27,9	68,8	1394,7
ETP	52,8	26,6	16,7	13,8	18,1	33,0	44,9	70,0	100,1	121,0	111,7	124,8	733,5
P-ETP	94,9	139,7	218,0	186,6	137,9	55,1	72,4	36,7	-41,1	-99,2	-83,9	-56,0	661,2
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-41,1	-140,3	-224,1	-280,1	
Sso	94,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	66,3	16,3	1,7	0,1	
ΔSso	94,9	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-33,7	-50,0	-14,6	-1,6	0,1
ETR	52,8	26,6	16,7	13,8	18,1	33,0	44,9	70,0	92,7	71,8	42,4	70,4	553,3
SH	0,0	134,6	218,0	186,6	137,9	55,1	72,4	36,7	0,0	0,0	0,0	0,0	841,3
DH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4	49,2	69,3	54,4	180,2

Ucha													
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Nº de h/dia de sol	9,7	10,6	12	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,4	
K	0,835278	0,912778	1,033333	1,145278	1,24	1,291667	1,265833	1,179722	1,076389	0,964444	0,861111	0,809444	
Temperatura média	8,913682	9,986776	12,14638	13,45888	15,82833	19,33119	21,13525	21,13715	19,74863	15,86774	12,48168	10,20916	
i	2,399639	2,850292	3,833645	4,477946	5,724059	7,747383	8,867894	8,869102	8,002068	5,745652	3,995001	2,946935	
e	26,89733	32,41772	44,71015	52,91594	69,06238	95,9013	111,0345	111,051	99,32563	69,345	46,75493	33,61167	
ETP	22,46675	29,59017	46,20048	60,60345	85,63735	123,8725	140,5512	131,0093	106,913	66,8794	40,26119	27,20678	881,1916
P	171,685	135,32	83,475	138,2	123,305	49,18571	21,2	26,2619	88,22381	159,6048	204,1333	225,8905	1426,485
I	65,45962												
a	1,642215												

Ucha	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
P	159,6	204,1	225,9	171,7	135,3	83,5	138,2	123,3	49,2	21,2	26,3	88,2	1426,5
ETP	66,9	40,3	27,2	22,5	29,6	46,2	60,6	85,6	123,9	140,6	131,0	106,9	881,2
P-ETP	92,7	163,9	198,7	149,2	105,7	37,3	77,6	37,7	-74,7	-119,4	-104,7	-18,7	545,3
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-74,7	-194,0	-298,8	-317,5	
Sso	92,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	47,4	6,8	0,3	0,0	
ΔSso	92,7	7,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-52,6	-40,6	-6,5	-0,3	0,0
ETR	66,9	40,3	27,2	22,5	29,6	46,2	60,6	85,6	101,8	61,8	32,7	88,6	663,7
SH	0,0	156,6	198,7	149,2	105,7	37,3	77,6	37,7	0,0	0,0	0,0	0,0	762,8
DH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,1	78,8	98,3	18,4	217,5

Turiz													
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Nº de h/dia de sol	9,7	10,6	12	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,4	
K	0,835278	0,912778	1,033333	1,145278	1,24	1,291667	1,265833	1,179722	1,076389	0,964444	0,861111	0,809444	
Temperatura média	8,724987	9,824188	12,02828	13,3653	15,77379	19,32318	21,16591	21,16261	19,8165	15,75027	12,32092	10,00979	
i	2,32315	2,780331	3,777353	4,430892	5,694223	7,742519	8,887377	8,885282	8,043744	5,681377	3,917356	2,860242	
e	26,19364	31,79888	44,26633	52,58739	68,94103	96,05603	111,4738	111,4455	100,0961	68,77317	46,0399	32,78653	
ETP	21,87896	29,02531	45,74188	60,22716	85,48687	124,0724	141,1073	131,4747	107,7423	66,3279	39,64547	26,53887	879,2691
P	180,015	147,35	82,475	154,4	136,27	60,13333	26,36667	32,72381	103,2	182,8095	219,6714	254,5095	1579,924
I	65,02385												
a	1,63425												

Turiz	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
P	182,8	219,7	254,5	180,0	147,4	82,5	154,4	136,3	60,1	26,4	32,7	103,2	1579,9
ETP	66,3	39,6	26,5	21,9	29,0	45,7	60,2	85,5	124,1	141,1	131,5	107,7	879,3
P-ETP	116,5	180,0	228,0	158,1	118,3	36,7	94,2	50,8	-63,9	-114,7	-98,8	-4,5	700,7
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-63,9	-178,7	-277,4	-282,0	
Sso	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	52,8	8,8	0,6	0,0	
ΔSso	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-47,2	-43,9	-8,3	-0,5	0,0
ETR	66,3	39,6	26,5	21,9	29,0	45,7	60,2	85,5	107,4	70,3	41,0	103,7	697,3
SH	16,5	180,0	228,0	158,1	118,3	36,7	94,2	50,8	0,0	0,0	0,0	0,0	882,6
DH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7	70,8	90,5	4,0	182,0

Zebral													
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Nº de h/dia de sol	9,7	10,6	12	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,4	
K	0,835278	0,912778	1,033333	1,145278	1,24	1,291667	1,265833	1,179722	1,076389	0,964444	0,861111	0,809444	
Temperatura média	4,954796	5,510828	7,714973	8,95931	11,78031	14,94699	17,55204	17,42787	20,47613	11,69774	7,701478	5,825314	
i	0,986344	1,158675	1,928341	2,418261	3,660081	5,248485	6,693779	6,622213	8,452569	3,62131	1,923236	1,260239	
e	18,84663	21,56738	33,04103	39,9382	56,50854	76,41999	93,685	92,84548	113,8978	56,00684	32,96778	23,1396	
ETP	15,74217	19,68622	34,1424	45,74033	70,07059	98,70915	118,5896	109,5319	122,5984	54,01548	28,38892	18,73022	735,9453
P	393,5323	297,7258	175,6774	212,9387	214,2548	100,4161	45,39032	47,54516	138,5355	257,929	297,729	404,7903	2586,465
I	43,97353												
a	1,267857												

Zebral	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
P	257,9	297,7	404,8	393,5	297,7	175,7	212,9	214,3	100,4	45,4	47,5	138,5	2586,5
ETP	54,0	28,4	18,7	15,7	19,7	34,1	45,7	70,1	98,7	118,6	109,5	122,6	735,9
P-ETP	203,9	269,3	386,1	377,8	278,0	141,5	167,2	144,2	1,7	-73,2	-62,0	15,9	1850,5
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-73,2	-135,2	0,0	
Sso	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	48,1	12,4	28,4	
ΔSso	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-51,9	-35,6	15,9	28,4
ETR	54,0	28,4	18,7	15,7	19,7	34,1	45,7	70,1	98,7	97,3	83,2	122,6	688,3
SH	103,9	269,3	386,1	377,8	278,0	141,5	167,2	144,2	1,7	0,0	0,0	0,0	1869,8
DH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,3	26,3	0,0	47,6

Penedo													
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Nº de h/dia de sol	9,7	10,6	12	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,4	
K	0,835278	0,912778	1,033333	1,145278	1,24	1,291667	1,265833	1,179722	1,076389	0,964444	0,861111	0,809444	
Temperatura média	6,448486	7,249442	9,476525	10,76937	13,43816	16,79411	19,10085	19,02666	20,2468	13,35099	9,562588	7,485992	
i	1,469868	1,754933	2,632729	3,195182	4,467513	6,26105	7,608044	7,563351	8,309654	4,423712	2,669012	1,842354	
e	21,81474	25,72319	37,50573	44,90354	61,32331	83,92877	100,5987	100,0492	109,1972	60,76413	37,98609	26,91252	
ETP	18,22137	23,47956	38,75593	51,42703	76,04091	108,408	127,3412	118,0302	117,5386	58,60362	32,71024	21,78419	792,3409
P	344,5677	297,1419	166,429	195,0419	197,5516	96,37097	40,76774	48,61613	122,9677	262,7226	296,2645	401,0677	2469,51
I	52,1974												
a	1,407654												

Penedo	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
P	262,7	296,3	401,1	344,6	297,1	166,4	195,0	197,6	96,4	40,8	48,6	123,0	2469,5
ETP	58,6	32,7	21,8	18,2	23,5	38,8	51,4	76,0	108,4	127,3	118,0	117,5	792,3
P-ETP	204,1	263,6	379,3	326,3	273,7	127,7	143,6	121,5	-12,0	-86,6	-69,4	5,4	1677,2
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-12,0	-98,6	-168,0	0,0	
Sso	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	88,7	33,1	6,2	11,6	
ΔSso	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-11,3	-55,6	-26,9	5,4	11,6
ETR	58,6	32,7	21,8	18,2	23,5	38,8	51,4	76,0	107,7	96,4	75,5	117,5	718,2
SH	104,1	263,6	379,3	326,3	273,7	127,7	143,6	121,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1739,8

DH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	31,0	42,5	0,0	74,2
-----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	-----	------

Salto													
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Nº de h/dia de sol	9,7	10,6	12	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,4	
K	0,835278	0,912778	1,033333	1,145278	1,24	1,291667	1,265833	1,179722	1,076389	0,964444	0,861111	0,809444	
Temperatura média	4,980246	5,632723	7,898955	9,157697	12,01584	15,30778	17,9368	17,82833	20,63611	11,87439	7,786428	5,848314	
i	0,994025	1,197697	1,998388	2,499792	3,771442	5,441471	6,917184	6,853948	8,552752	3,704426	1,955445	1,26778	
e	18,37856	21,53604	33,28723	40,26934	57,13353	78,03887	95,70892	94,96419	114,6452	56,26885	32,67782	22,60333	
ETP	15,3512	19,65762	34,39681	46,11958	70,84558	100,8002	121,1515	112,0314	123,4028	54,26818	28,13923	18,29614	744,4603
P	280,2032	206,7258	134,8742	151,5194	144,2226	71,34839	28,47742	36,15161	111,2387	189,7613	222,429	317,9323	1894,884
I	45,15435												
a	1,287778												

Salto	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
P	189,8	222,4	317,9	280,2	206,7	134,9	151,5	144,2	71,3	28,5	36,2	111,2	1894,9
ETP	54,3	28,1	18,3	15,4	19,7	34,4	46,1	70,8	100,8	121,2	112,0	123,4	744,5
P-ETP	135,5	194,3	299,6	264,9	187,1	100,5	105,4	73,4	-29,5	-92,7	-75,9	-12,2	1150,4
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-29,5	-122,1	-198,0	-210,2	
Sso	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	74,5	22,0	3,0	0,4	
ΔSso	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-25,5	-52,5	-18,9	-2,7	0,4

ETR	54,3	28,1	18,3	15,4	19,7	34,4	46,1	70,8	96,9	81,0	55,1	113,9	633,9
SH	35,5	194,3	299,6	264,9	187,1	100,5	105,4	73,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1260,6
DH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9	40,1	56,9	9,5	110,5

Póvoa do Varzim													
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Nº de h/dia de sol	9,7	10,6	12	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,4	
K	0,835278	0,912778	1,033333	1,145278	1,24	1,291667	1,265833	1,179722	1,076389	0,964444	0,861111	0,809444	
Temperatura média	9,43905	10,39702	12,39795	13,62046	15,86625	19,18693	20,88173	20,89688	19,52765	16,12678	12,87599	10,75719	
i	2,616983	3,029418	3,954494	4,559588	5,744836	7,660016	8,707348	8,716914	7,8669	5,888255	4,187621	3,189711	
e	29,19104	34,25315	45,83128	53,5463	68,92634	94,38908	108,577	108,7074	97,17817	70,80877	48,79157	36,23838	
ETP	24,38263	31,26552	47,35898	61,32539	85,46867	121,9192	137,4404	128,2445	104,6015	68,29112	42,01496	29,33295	881,6459
P	137,1286	98,69048	68,70476	92,49524	103,1762	28,6381	18,15714	17,83333	63,31429	124,5273	173,0364	192,3364	1118,038
I	66,12209												
a	1,654365												

Póvoa de Varzim	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
P	124,5	173,0	192,3	137,1	98,7	68,7	92,5	103,2	28,6	18,2	17,8	63,3	1118,0
ETP	68,3	42,0	29,3	24,4	31,3	47,4	61,3	85,5	121,9	137,4	128,2	104,6	881,6
P-ETP	56,2	131,0	163,0	112,7	67,4	21,3	31,2	17,7	-93,3	-119,3	-110,4	-41,3	236,4
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-93,3	-212,6	-323,0	-364,3	

Sso	56,2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	39,3	4,7	0,2	0,0	
ΔSso	56,2	43,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-60,7	-34,6	-4,5	-0,2	0,0
ETR	68,3	42,0	29,3	24,4	31,3	47,4	61,3	85,5	89,3	52,8	22,3	63,5	617,4
SH	0,0	87,3	163,0	112,7	67,4	21,3	31,2	17,7	0,0	0,0	0,0	0,0	500,7
DH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,6	84,6	105,9	41,1	264,3

Calvelo													
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Nº de h/dia de sol	9,7	10,6	12	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,4	
K	0,835278	0,912778	1,033333	1,145278	1,24	1,291667	1,265833	1,179722	1,076389	0,964444	0,861111	0,809444	
Temperatura média	8,316917	9,198537	11,29727	12,60284	14,98717	18,28471	20,15845	20,11581	19,6004	15,05609	11,73294	9,56719	
i	2,16064	2,516689	3,435274	4,053857	5,269856	7,121321	8,254816	8,228397	7,911313	5,306589	3,63782	2,670958	
e	26,51704	31,01124	42,67899	50,5845	66,21432	90,19071	104,9543	104,6095	100,4742	66,68808	45,2637	32,96385	
ETP	22,1491	28,30637	44,10163	57,9333	82,10576	116,4963	132,8546	123,4102	108,1493	64,31695	38,97708	26,6824	845,483
P	219,025	181,015	93,255	161,81	145,735	62,445	26,38571	29,65238	104,6048	202,0714	240,0429	291,9619	1758,004
I	60,56753												
a	1,553923												

Calvelo	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
P	202,1	240,0	292,0	219,0	181,0	93,3	161,8	145,7	62,4	26,4	29,7	104,6	1758,0
ETP	64,3	39,0	26,7	22,1	28,3	44,1	57,9	82,1	116,5	132,9	123,4	108,1	845,5
P-ETP	137,8	201,1	265,3	196,9	152,7	49,2	103,9	63,6	-54,1	-106,5	-93,8	-3,5	912,5

L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-54,1	-160,5	-254,3	-257,8	
Sso	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	58,2	11,7	0,9	0,1	
ΔSso	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-41,8	-46,5	-10,8	-0,9	0,1
ETR	64,3	39,0	26,7	22,1	28,3	44,1	57,9	82,1	104,2	72,9	40,4	105,5	687,6
SH	37,8	201,1	265,3	196,9	152,7	49,2	103,9	63,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1070,3
DH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,3	59,9	83,0	2,7	157,9

Póvoa do Lanhoso													
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Nº de h/dia de sol	9,7	10,6	12	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,4	
K	0,835278	0,912778	1,033333	1,145278	1,24	1,291667	1,265833	1,179722	1,076389	0,964444	0,861111	0,809444	
Temperatura média	8,159479	9,305042	11,59115	12,92474	15,45195	19,11486	21,11856	21,12073	20,16589	15,34828	11,68626	9,369674	
i	2,099019	2,560938	3,571471	4,211649	5,51925	7,616498	8,857296	8,858671	8,259429	5,463285	3,61593	2,587917	
e	24,37592	30,08411	42,7696	50,91895	67,77903	95,29196	111,7869	111,8053	103,821	67,05224	43,333	30,41946	
ETP	20,36066	27,46011	44,19526	58,31634	84,04599	123,0854	141,5036	131,8992	111,7518	64,66816	37,31453	24,62286	869,224
P	217,825	177,42	97,905	182,285	154,5476	61,18571	19,16667	28,42381	92,21905	194,7619	232,419	300,781	1758,94
I	63,22135												
a	1,601518												

Póvoa de Lanhoso	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
P	194,8	232,4	300,8	217,8	177,4	97,9	182,3	154,5	61,2	19,2	28,4	92,2	1758,9

ETP	64,7	37,3	24,6	20,4	27,5	44,2	58,3	84,0	123,1	141,5	131,9	111,8	869,2
P-ETP	130,1	195,1	276,2	197,5	150,0	53,7	124,0	70,5	-61,9	-122,3	-103,5	-19,5	889,7
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-61,9	-184,2	-287,7	-307,2	
Sso	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	53,8	8,5	0,5	0,0	
ΔSso	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-46,2	-45,3	-8,1	-0,5	0,0
ETR	64,7	37,3	24,6	20,4	27,5	44,2	58,3	84,0	107,3	64,5	36,5	92,7	662,0
SH	30,1	195,1	276,2	197,5	150,0	53,7	124,0	70,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1097,0
DH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,7	77,0	95,4	19,1	207,3

Seixas													
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Nº de h/dia de sol	9,7	10,6	12	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,4	
K	0,835278	0,912778	1,033333	1,145278	1,24	1,291667	1,265833	1,179722	1,076389	0,964444	0,861111	0,809444	
Temperatura média	7,230884	8,058458	10,24311	11,57899	14,11728	17,43059	19,52418	19,44801	19,85467	14,05275	10,53946	8,381743	
i	1,748136	2,059799	2,961782	3,565801	4,81374	6,62378	7,864782	7,818373	8,067212	4,780464	3,092475	2,186189	
e	23,82495	27,92749	39,699	47,51583	63,54021	86,5555	102,2164	101,6322	104,7632	63,1148	41,39429	29,58544	
ETP	19,90045	25,49159	41,0223	54,41882	78,78987	111,8008	129,3889	119,8978	112,7659	60,87072	35,64508	23,94777	813,94
P	366,9097	253,6935	154,6258	180,9065	184,0161	86,58387	29,75161	43,66129	132,7645	237,2355	261,871	362,0032	2294,023
I	55,58253												
a	1,466193												

Seixas	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
---------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	--------------

P	237,2	261,9	362,0	366,9	253,7	154,6	180,9	184,0	86,6	29,8	43,7	132,8	2294,0
ETP	60,9	35,6	23,9	19,9	25,5	41,0	54,4	78,8	111,8	129,4	119,9	112,8	813,9
P-ETP	176,4	226,2	338,1	347,0	228,2	113,6	126,5	105,2	-25,2	-99,6	-76,2	20,0	1480,1
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-25,2	-124,9	-201,1	0,0	
Sso	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	77,7	22,3	3,0	23,0	
ΔSso	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-22,3	-55,4	-19,3	20,0	23,0
ETR	60,9	35,6	23,9	19,9	25,5	41,0	54,4	78,8	108,9	85,2	63,0	112,8	709,9
SH	76,4	226,2	338,1	347,0	228,2	113,6	126,5	105,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1561,2
DH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	44,2	56,9	0,0	104,1

Tamel													
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Nº de h/dia de sol	9,7	10,6	12	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,4	
K	0,835278	0,912778	1,033333	1,145278	1,24	1,291667	1,265833	1,179722	1,076389	0,964444	0,861111	0,809444	
Temperatura média	8,528255	9,370427	11,41009	12,68086	15,01832	18,25156	20,08321	20,04687	19,52259	15,17133	11,89625	9,787491	
i	2,244304	2,588231	3,487345	4,091916	5,28645	7,101787	8,208218	8,185739	7,863813	5,368205	3,714757	2,764623	
e	27,38961	31,72389	43,13282	50,85652	66,21552	89,754	104,1941	103,9001	99,69254	67,27086	46,03371	33,95378	
ETP	22,87793	28,95686	44,57058	58,24484	82,10724	115,9322	131,8924	122,5733	107,3079	64,87901	39,64014	27,4837	846,4662
P	245,185	187,7	115,52	176,025	151,005	67,445	31,90952	36,99524	110,719	212,7381	262,9762	314,9286	1913,147
I	60,90539												
a	1,559945												

Tamel	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
P	212,7	263,0	314,9	245,2	187,7	115,5	176,0	151,0	67,4	31,9	37,0	110,7	1913,1
ETP	64,9	39,6	27,5	22,9	29,0	44,6	58,2	82,1	115,9	131,9	122,6	107,3	846,5
P-ETP	147,9	223,3	287,4	222,3	158,7	70,9	117,8	68,9	-48,5	-100,0	-85,6	3,4	1066,7
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-48,5	-148,5	-234,0	0,0	
Sso	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	61,6	14,0	1,3	4,8	
ΔSso	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-38,4	-47,6	-12,6	3,4	4,8
ETR	64,9	39,6	27,5	22,9	29,0	44,6	58,2	82,1	105,9	79,5	49,6	107,3	711,1
SH	47,9	223,3	287,4	222,3	158,7	70,9	117,8	68,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1197,3
DH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,1	52,4	73,0	0,0	135,4

Viatodos													
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Nº de h/dia de sol	9,7	10,6	12	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,4	
K	0,835278	0,912778	1,033333	1,145278	1,24	1,291667	1,265833	1,179722	1,076389	0,964444	0,861111	0,809444	
Temperatura média	8,913297	9,954423	12,07505	13,34037	15,70521	19,17538	21,00185	21,014	19,81114	15,81676	12,38373	10,18444	
i	2,399482	2,836323	3,79961	4,418384	5,656782	7,653035	8,783296	8,790985	8,040447	5,717727	3,947629	2,936139	
e	27,14698	32,5155	44,57507	52,45489	68,47907	94,88075	110,0834	110,1873	100,0729	69,27538	46,45139	33,75175	
ETP	22,67527	29,67943	46,06091	60,07542	84,91405	122,5543	139,3472	129,9905	107,7174	66,81226	39,99981	27,32017	877,1466
P	233,9871	201,2194	119,4871	145,3065	129,4452	64,2129	25,66452	29,75806	88,93871	169,7194	194,2258	269,871	1671,835
I	64,97984												
a	1,633446												

Viatodos	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
P	169,7	194,2	269,9	234,0	201,2	119,5	145,3	129,4	64,2	25,7	29,8	88,9	1671,8
ETP	66,8	40,0	27,3	22,7	29,7	46,1	60,1	84,9	122,6	139,3	130,0	107,7	877,1
P-ETP	102,9	154,2	242,6	211,3	171,5	73,4	85,2	44,5	-58,3	-113,7	-100,2	-18,8	794,7
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-58,3	-172,0	-272,3	-291,0	
Sso	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	55,8	10,0	0,7	0,0	
ΔSso	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-44,2	-45,8	-9,3	-0,6	0,0
ETR	66,8	40,0	27,3	22,7	29,7	46,1	60,1	84,9	108,4	71,5	39,1	89,6	686,1
SH	2,9	154,2	242,6	211,3	171,5	73,4	85,2	44,5	0,0	0,0	0,0	0,0	985,7
DH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,1	67,9	90,9	18,2	191,1

Vilaça													
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Nº de h/dia de sol	9,7	10,6	12	13,3	14,4	15	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,4	
K	0,835278	0,912778	1,033333	1,145278	1,24	1,291667	1,265833	1,179722	1,076389	0,964444	0,861111	0,809444	
Temperatura média	8,559752	9,579254	11,72778	13,00871	15,42058	18,88913	20,78108	20,77937	19,869	15,48354	12,00466	9,80266	
i	2,256865	2,676058	3,635401	4,253144	5,502295	7,480737	8,643886	8,642805	8,07603	5,536341	3,766129	2,771112	
e	26,30891	31,50555	43,56785	51,43747	67,54668	93,48605	108,9317	108,9173	101,3749	67,98897	45,22717	32,69079	
ETP	21,97525	28,75756	45,02011	58,9102	83,75788	120,7528	137,8894	128,4921	109,1188	65,57158	38,94562	26,46138	865,6527
P	191,79	147,87	81,485	162,33	137,819	53,1619	24,89524	33,19048	95,7	182,2952	219,0143	254,7476	1584,299
I	63,2408												

a	1,601869												
----------	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Vilaça	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	TOTAL
P	182,3	219,0	254,7	191,8	147,9	81,5	162,3	137,8	53,2	24,9	33,2	95,7	1584,3
ETP	65,6	38,9	26,5	22,0	28,8	45,0	58,9	83,8	120,8	137,9	128,5	109,1	865,7
P-ETP	116,7	180,1	228,3	169,8	119,1	36,5	103,4	54,1	-67,6	-113,0	-95,3	-13,4	718,6
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-67,6	-180,6	-275,9	-289,3	
Sso	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	50,9	8,4	0,5	0,0	
ΔSso	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-49,1	-42,5	-7,8	-0,5	0,0
ETR	65,6	38,9	26,5	22,0	28,8	45,0	58,9	83,8	102,3	67,4	41,0	96,2	676,3
SH	16,7	180,1	228,3	169,8	119,1	36,5	103,4	54,1	0,0	0,0	0,0	0,0	908,0
DH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,5	70,5	87,5	12,9	189,3

Anexo 4: Caracterização dos solos da região em estudo de acordo com a notícia explicativa da carta de solos de Entre-Douro e Minho.

1. Antrossolos

Antrossolos são solos que, pela atividade humana, sofreram uma modificação profunda por soterramento dos horizontes originais do solo ou através da remoção ou perturbação dos horizontes superficiais, cortes ou escavações, adições seculares de materiais orgânicos, rega contínua e duradoura, etc.

1.a) Antrossolos áricos dístricos

Os antrossolos áricos caracterizam-se por apresentar vestígios de horizontes de diagnóstico, devido a mobilização profunda.

O perfil é do tipo Ap-C-R ou Ap-A/C ou Ap-C/A-C-R:

- o horizonte Ap é frequentemente espesso, algumas vezes com artefactos e incluindo núcleos de rocha alterada; segue-se, frequentemente, um horizonte de mistura A/C ou C/A e um horizonte C constituído por material de desagregação de rocha, a qual se pode encontrar, dura e compacta, a profundidade variada; por vezes o horizonte de mistura é A/B ou B/A.

Os horizontes de mistura são consequência de lavouras fundas, subsolagens ou surribas, para a preparação da terra para a plantação de vinhas ou pomares. Frequentemente as áreas em que se encontram foram terraceadas.

Com certa frequência encontram-se antrossolos áricos na parte de montante dos terraços ou socacos onde os solos foram sujeitos a decapitação, subsolagens ou ripagens e melhoramentos posteriores a partir da incorporação de corretivos.

Unidades pedológicas:

Antrossolos áricos dístricos em xistos e rochas afins:

- horizonte Ap com 20/60 cm pardo escuro e/ou pardo, franco-arenoso e por vezes franco, frequentemente sobre horizonte A/C ou C/A e por vezes A/B ou B/A até 60/80 cm e horizonte C pardo ou pardo escuro, franco-arenoso e/ou material grosseiro da desagregação da rocha, a qual se apresenta dura e compacta a partir de 60/140 cm de profundidade.

Antrossolos áricos dístricos em granitos e rochas afins:

- horizonte Ap com 20/60 cm pardo escuro e/ou pardo, franco-arenoso e por vezes franco, sobre um horizonte de mistura (A/C ou C/A, menos vezes A/B ou B/A) até 60/120 cm e horizonte C arenoso-franco e/ou saibrento/cascalhento de desagregação da rocha subjacente, dura e compacta e mais ou menos alterada a partir de 60/150 cm de profundidade.

1.b) Antrossolos cumúlicos dístricos

Os antrossolos cumúlicos correspondem à generalidade dos solos dos terraços ou socalcos, embora se encontrem também em áreas não terraceadas.

Apresentam acumulação de sedimentos com textura franco-arenosa ou mais fina, em espessura superior a 50 cm, resultante de rega contínua de longa duração ou elevação da superfície de solo por ação do homem.

O perfil é do tipo Ap-C ou Ap-C-Ab-Bb ou Ap-C-Ab-C:

- horizonte Ap com 20/35 cm, pardo escuro ou pardo, franco ou franco-arenoso; horizonte C até 50/135 cm, pardo ou pardo escuro, franco ou franco-arenoso; substrato constituído por perfil soterrado (Ab-Bb-C', Ab-Bb, Ab-C', Ab-C'-R), por material de origem coluvionar (2C) ou da alteração da rocha subjacente (2C, 2C-2R), a partir de 50/135 cm;

- Os horizontes A e C podem incluir artefactos diversos.

O enriquecimento em bases do complexo de troca (sobretudo em cálcio) é uma consequência evidente da ação do homem através do cultivo intensivo de longa data. Por esse facto os solos apresentam grau de saturação mais elevado no horizonte superficial (Ap) que os solos de materiais equivalentes não cultivados, atingindo exceccionalmente valores superiores a 50 %.

Unidades pedológicas:

Antrossolos cumúlicos dístricos em xistos e rochas afins:

- horizonte Ap com 20/30 cm franco, franco-limoso e por vezes franco-arenoso, e horizonte C franco, franco-limoso e por vezes franco-arenoso; substrato constituído por perfil soterrado, material de alteração da rocha xistenta subjacente (2C, 2CR) ou material de origem coluvionar (2C) a mais de 50 cm de profundidade.

Antrossolos cumúlicos dístricos em granitos e rochas afins:

- horizonte Ap com 20/35 cm franco-arenoso ou franco e horizonte C franco ou franco-arenoso; substrato constituído por perfil soterrado, material de alteração da rocha granítica subjacente (2C, 2C-2R) ou material de origem coluvionar (2C).

2. Leptossolos

Os leptossolos são solos delgados limitados em profundidade, até 30 cm a partir da superfície, por rocha contínua e dura. Não possuem outro horizonte de diagnóstico para além de um A mólico, húmbrico ou ócrico, com ou sem um horizonte B câmbico.

2.a) Leptossolos úmbricos

São leptossolos com horizonte A úmbrico, sem rocha dura ou camada cimentada, contínua, até 10 cm a partir da superfície.

O perfil é do tipo A-R ou A-C-R:

- horizonte A com 10/30 cm, pardo escuro, franco, franco-arenoso ou arenoso-franco e por vezes arenoso ou franco-limoso, frequentemente húmico e/ou cascalhento; sobre horizonte C constituído por material grosseiro da desagregação da rocha subjacente com alguma terra e/ou rocha contínua e dura (R) em transição abrupta, a partir de 10/30 cm de profundidade.

Unidades pedológicas:

Leptossolos úmbricos de granitos e rochas afins:

- horizonte A franco-arenoso, franco ou franco-limoso, frequentemente húmico.

Leptossolos úmbricos de xistos e rochas afins:

- horizonte A arenoso-franco ou franco-arenoso, frequentemente húmico.

3. Fluvissolos

Os fluvissolos são solos que se desenvolvem normalmente em manchas aluviais próximas de linhas de água e que apresentam propriedades flúvicas não possuindo outro horizonte de diagnóstico para além de um A ócrico, mólico ou úmbrico ou um horizonte H hístico, até 125 cm de profundidade.

Unidades pedológicas:

Fluvissolos dístricos de aluviões

- Fluvissois com horizonte A dístrico, sendo solos derivados de aluviões antigos e recentes.

Fluvissois úmbricos de aluviões

- Fluvissois com horizonte A úmbrico, sendo solos derivados de aluviões antigos e recentes.

4. Arenossolos

São solos com textura mais grosseira que franco-arenosa até uma profundidade de pelo menos 100 cm a partir da superfície, com exclusão de materiais com propriedades flúvicas ou ândicas; sem outro horizonte de diagnóstico além de um A ócrico e um E álbico.

4.a) Arenossolos háplicos

São arenossolos sem outros horizontes de diagnóstico além de um A ócrico, sem propriedade ferrálicas; sem propriedades gleicas em 100 cm a partir da superfície.

O perfil normal é do tipo A-C:

- horizonte A cinzento ou pardo, arenoso ou franco-arenoso, com poucos elementos grosseiros; horizonte C pardo, pardo claro ou cinzento claro, arenoso, até mais de 100/150 cm, frequentemente com núcleos crómicos (acumulações muito brandas de sexquióxidos); frequentemente substrato de textura menos grosseira de material sedimentar ou da alteração de rocha (xisto ou granito) subjacente; parte do horizonte C e do substrato podem apresentar características hidromórficas (gleicas ou estágnicas).

5. Regossolos

Regossolos são solos de materiais não consolidados, com exclusão de materiais de textura grosseira ou com propriedades flúvicas, não tendo outros horizontes de diagnóstico além de um A úmbrico ou ócrico; sem propriedades gleicas em 50 cm a partir da superfície.

5.a) Regossolos dístricos

Regossolos tendo um horizonte A ócrico e um grau de saturação em bases (pelo acetato de amónio) menor que 50% pelo menos entre 20 e 50 cm a partir da superfície.

Unidade pedológicas:

Regossolos dístricos delgados

Regossolos dístricos desenvolvidos a partir de materiais de alteração e desagregação local da rocha subjacente, a qual se encontra relativamente próxima da superfície (entre 30 e 50 cm), quer dura e contínua, quer fendilhada ou desagregada em blocos compactos, com fendas ou intervalos preenchidos por material terroso.

O perfil normal é do tipo A-C-R ou A-R:

- horizonte A com 10/30 cm, franco-arenoso, franco e por vezes arenoso-franco; horizonte C franco-arenoso, franco ou arenoso-franco com muito material grosseiro (rocha) e estrutura de rocha e/ou rocha desagregada em fragmentos duros com terra envolvente ou material saibrento solto, com alguma terra; rocha dura e contínua (R) a partir de 30/50 cm de profundidade.

Regossolos dístricos espessos

Regossolos dístricos formados a partir de sedimentos detríticos não consolidados, coluviões de bases de encostas e fundos de vales, de depósitos de vertentes em encostas declivosas ou materiais resultantes da desagregação da rocha dura subjacente.

O perfil normal é do tipo A-C e por vezes A-C-R:

- horizonte A com 10/50 cm, franco ou franco-arenoso e por vezes arenoso-franco; horizonte C até 50/150 cm, franco ou franco-arenoso e por vezes arenoso-franco ou franco-limoso, constituído por material de alteração e desagregação da rocha subjacente, de depósitos de vertente em encostas declivosas, de coluviões de base de encostas e fundos de vales ou de sedimentos detríticos não consolidados; sobre rocha dura e contínua (R ou 2R), leito de pedras subangulosas a roladas, de quartzo e/ou rocha (2C), rocha detrítica pouco consolidada (pré-conglomerado) (2C) ou estrato argiloso pouco permeável frequentemente com características estágnicas (2Cg).

5.b) Regossolos úmbricos

Trata-se de regossolos com horizonte A úmbrico, que se dividem em:

Regossolos úmbricos delgados

Regossolos úmbricos formados a partir de material de alteração e desagregação da rocha subjacente, a qual se encontra relativamente próxima da superfície (entre 30 e 50 cm), quer dura e contínua, quer fendilhada ou desagregada em blocos compactos, com fendas ou intervalos preenchidos por material terroso.

O perfil normal é do tipo A-C-R ou A-R:

- horizonte A com 20/50 cm, franco, franco-arenoso ou eventualmente arenoso-franco, por vezes húmico; horizonte C constituído, em geral, por material grosseiro e duro (pedras e ou blocos) com material terroso envolvente ou nas fendas; a rocha dura e contínua encontra-se a profundidade superior a 30 cm.

Regossolos úmbricos espessos

Regossolos úmbricos formados a partir de rególitos espessos resultantes da arenização profunda de granitos, quartzodioritos ou granodioritos, ou correspondentes a sedimentos detríticos não consolidados (em terraços fluviais e marinhos), coluviões de bases de encostas e fundos de vales, ou depósitos de vertentes em encostas declivosas.

O perfil normal é do tipo A-C e por vezes A-C-R:

- horizonte A com 20/75 cm, franco-arenoso ou arenoso-franco e por vezes franco; horizonte C constituído por material de alteração e desagregação da rocha subjacente, de depósitos de vertente em encostas declivosas, de coluviões de base de encostas e fundos de vales ou de sedimentos detríticos não consolidados; frequentemente sobre rocha dura e contínua (R) a profundidade superior a 50 cm.

6. Cambissolos

Solos que possuem horizonte câmbico e sem outros horizontes de diagnóstico além de um A ócrico ou úmbrico, ou um A mólico assentando sobre um B câmbico com grau de saturação em bases menor que 50 %.

6.a) Cambissolos dístricos crómicos

Cambissolos com horizonte A ócrico e grau de saturação em bases (pelo acetato de amónio) menor que 50 %, pelo menos entre 20 e 50 cm a partir da superfície, com horizonte B crómico.

O perfil é do tipo A-B-C-R, A-B-C ou A-B-R:

- horizonte A com 10/35 cm pardo escuro ou pardo escuro, franco ou franco-arenoso e por vezes franco-argilo-arenoso, com algum a bastante material grosseiro; horizonte B câmbico até 40/150 cm, crómico, franco ou franco-arenoso e por vezes franco limoso ou franco-argilo-limoso, com algum a bastante material grosseiro; horizonte C até 50 a mais de 150 cm constituído por material grosseiro e terra fina resultante da alteração da rocha subjacente ou correspondente a material detrítico não consolidado de terraços ou coluviões; frequentemente rocha contínua e dura (R) a profundidade de mais de 50 cm.

Unidades pedológicas

Cambissolos dístricos crómicos de sedimentos detríticos não consolidados:

- horizonte A com 15/30 cm, franco-arenoso ou franco, por vezes cascalhento; horizonte B câmbico, até 50/110 cm, crómico, franco-arenoso ou franco frequentemente cascalhento; horizonte C em geral cascalhento ou muito cascalhento, franco-arenoso ou arenoso-franco, compacto, até 120 ou mais de 150 cm, por vezes substrato rochoso (xisto ou granito) a partir dos 120/180 cm.

6.b) Cambissolos húmicos crómicos

Cambissolos com horizonte A úmbrico e horizonte B crómico.

O perfil é do tipo A-B-C-R, A-B-R, A-B-C-2C ou A-B-2C:

- horizonte A com 20/50 cm pardo escuro ou pardo avermelhado escuro, franco-arenoso ou franco, com algum a muito material grosseiro; horizonte B até 40/150 cm, crómico, franco, franco-limoso ou franco-arenoso com algum a muito material grosseiro; horizonte C constituído por material grosseiro e terra fina de desagregação e alteração da rocha subjacente ou de sedimentos detríticos em terraços antigos, ou material coluvial em encostas e bases de encostas ou fundos de vale, frequentemente sobre o material de desagregação da rocha subjacente (2C).

Unidades pedológicas:

Cambissolos úmbricos crómicos de granitos e rochas afins

- horizonte A com 20/30 cm, pardo escuro, franco-arenoso, sobre horizonte B câmbico até 60/120 cm, crómico, franco-arenoso sobre horizonte C, até 125/160 cm, pardo, arenoso franco e/ou rocha desagregada em material saibrento, frequentemente sobre rocha dura e compacta a partir de profundidade abaixo de 125 cm.

Cambissolos úmbricos crómicos de xistos e rochas afins

- horizonte A com 20/30 cm, franco ou franco-arenoso, horizonte B câmbico até 40/80 cm, crómico, franco, franco-limoso ou franco-arenoso; horizonte C constituído por material de alteração e desagregação da rocha subjacente; sobre rocha dura e contínua (R).